PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 7. 1. April 1907. 8. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 8 am 8. April 1907.

INHALT.

Originalmitteilungen:
K. Uller, Zur Deutung der Wirkungsweise des richtenden Marconi-Senders. S. 193.
J. K. A. Wertheim Salomonson, Ein neues Galvanometer. S. 195.
A. Korn, Über neue Methoden der Telautographie. S. 198.
C. Déguisne u. K. Marbe, Analogie zwischen Wechselströmen und Schallschwingungen. S. 200.
H. Happel, Über das Gesetz der korrespondierenden Grenzkurve, insbesondere über das Verhalten zweiatomiger Stoffe. S. 204.
Th. Kármán, Über stationäre Wellen in Gasstrahlen. S. 209.
K. T. Fischer, Vorschläge zur Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten für Physik. S. 211.

Besprechungen:
J. Mooser, Theoretische Kosmogenie des Sonnensystems. S. 220.
A. Müller, Elementare Theorie der Entstehung der Gezeiten. S. 220.
O. Meißner, Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung. S. 220.
C. de Waard jr, Die Entwicklung des Fernrohrs. S. 220.
E. Vogel, Taschenbuch der praktischen Photographie. S. 221.
Technik und Schule. 1. Band, 1. Heft. S. 221.
H. Jahne u. H. Barbisch, Leitfaden der Geometrie. S. 221.
Hofer-Barbisch, Naturlehre für Bürgerschulen. S. 221.
P. Henkler, Der Lehrplan für den Unterricht in Naturkunde. S. 222.
H. Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. S. 222.
C. Heinel, Vereinfachte Behandlung thermodynamischer Aufgaben des praktischen Maschinenbaues vermittels Schaulinien. S. 222.
F. Dessauer u. P. C. Franze, Die Physik im Dienste der Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungen. S. 222.
W. v. Siemens, Die elektrische Telegraphie. S. 223.
F. Pockels, Lehrbuch der Kristalloptik. S. 223.
V. Fischer, Grundbegriffe und Grundgleichungen der mathematischen Naturwissenschaft. S. 223.
Verhandlungen der optischen Gesellschaft. I. S. 223.
M. Planck, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. S. 224.

Tagesereignisse. S. 224.

Personalien. S. 224.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Deutung der Wirkungsweise des richtenden Marconi-Senders.

Von Karl Uller.

Die merkwürdige Abhängigkeit der Strahlung von dem Azimut, die Herr Marconi[1]) bei seinem geknickten und geerdeten einfachen Oszillator gefunden hat, ist bereits zu erklären versucht worden. Herr Fleming[2]) hat sich die Aufgabe gestellt, dem Zusammenhange der Strahlungsform mit dem Knickungsverhältnis rechnerisch nachzuforschen. Er berechnet das Fernfeld des genannten Oszillators, indem er sich denselben aus Hertzschen Dipolen zusammengesetzt denkt; ein Gedankengang, den zuerst Herr Poincaré[3]) ausgesprochen und verfolgt hat. Unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß sich die Erdoberfläche wie ein Metallspiegel verhält, kommt er dann mit drei ⊏-förmig angeordneten Dipolen aus (Spiegelbildlösung). Ihre Momente sind natürlich nicht willkürlich, sondern durch die Kontinuitätsbedingung der elektrischen Strömung miteinander verbunden. Für das Feld am Spiegel kommt er zu Gleichungen, die in der Richtung vom freien Ende über die Erdungsstelle hinaus — im folgenden die Hauptrichtung genannt — größere Feldstärken aufweisen als in entgegengesetzter Richtung, entsprechend den Mitteilungen von Herrn Marconi; es ergeben sich ferner Minima ungefähr in den von Herrn Marconi gefundenen Lagen, sowie schließlich auch eine Beziehung zwischen diesen, der Entfernung und der horizontalen Länge des Oszillators. Somit glaubt der Herr Verfasser, „gezeigt zu haben, daß die bis heute erhaltenen experimentellen Ergebnisse in allgemeiner Übereinstimmung mit der Theorie sind." Bestärkt wird er in dieser Auffassung durch eigene Nachprüfung und Variation der Marconischen Versuche.[1]) Es liegt hier meines Erachtens eine Mißdeutung der Erscheinungen vor. Im folgenden versuche ich dies nachzuweisen und zugleich meine Auffassung vorzutragen.

An der Richtigkeit der Ausbreitungsform in horizontaler Richtung, die Herr Marconi für die Nähe des im Erdreich steckenden Oszillators in Polardiagrammen niedergelegt hat, ist nicht zu zweifeln: Herr Fleming[2]) hat sie für kürzere Wellenlänge und geringere Entfernung in ihren wesentlichen Zügen experimentell bestätigt. Es ist also das Feld über Erd-

1) G. Marconi, Proc. Roy. Soc. **77**, 413—421, 1906; Electrician **57**, 100—102, 1906; Beibl. **30**, 738.
2) J. A. Fleming, Proc. Roy. Soc. **78**, S. 1—8, 1906; Electrician **57**, 455—457, 1906.
3) H. Poincaré, C. R. **113**, 26. Oktober 1891.

1) J. A. Fleming, Phil. Mag. **12**, 588—604, 1906; Electrician **58**, 416—420, 1906.
2) Derselbe. Ebenda.

reich im Abstand von ein paar Wellenlängen nach der Hauptrichtung intensiver als nach der entgegengesetzten (Tatsache a). Er hat weiter den Nachweis[1]) geliefert, daß dieser Unterschied größer wird, wenn das freie Ende des Senders tiefer liegt als der Knickpunkt (Tatsache b). Er konnte ferner[2]) zeigen, daß die Strahlung in der Horizontalen mit zunehmendem Knickungsverhältnis unter sonst gleichen Bedingungen nach jeder Richtung hin beträchtlich kleiner wird (Tatsache c). Diese drei Tatsachen zusammengenommen bieten m. E. einen schlagenden Gegenbeweis gegenüber der verbreiteten Annahme, daß das Erdreich in seiner Wirkung auf Schwingungs- und Ausbreitungsform elektromagnetischer Wellen als Metallkörper angesehen werden darf. Denn verhielte es sich so, dann wäre die Marconische Anordnung der nachstehend gezeichneten Fig. 1 und von Herrn Fleming unterstellten äquivalent. Aber das Feld dieses **U**-förmigen Oszillators kennen wir in unmittelbarer Nähe in seinen wesentlichen Zügen, darüber hinaus sogar analytisch. Es verhält sich anders wie das des richtenden Marconi-Senders, in bezug auf die Tatsache (a) sogar umgekehrt.

Eine Vorstellung von den Kraftliniengebilden des Typus **U** in seiner nächsten Umgebung kann man sich verschaffen, wenn man die Veränderungen studiert, welche die Kraftlinienbilder eines geraden Oszillators, die Herr Hack[3]) gezeichnet hat, erleiden müssen, wenn man den Stab umbiegt. So erhält man im „Hauptschnitt" z. B. folgendes aus der Hand gezeichnetes Bild (Fig. 1), das für einen Augenblick der Abschnürung von Kraftlinien schematisch gelten soll. Die

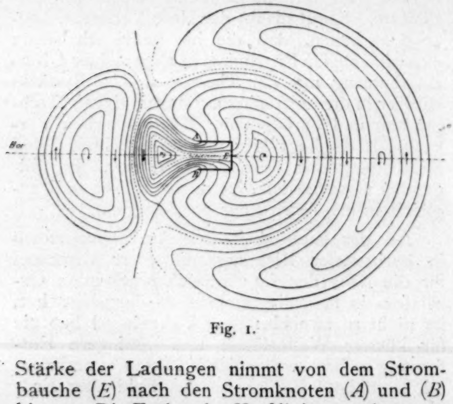


Fig. 1.

Stärke der Ladungen nimmt von dem Strombauche (*E*) nach den Stromknoten (*A*) und (*B*) hin zu. Die Enden der Kraftlinien wandern von (*A*) bezw. (*B*) nach (*E*) hin, wo sie sich vereinigen; geschlossen und losgelöst vom Oszillator werden sie durch die nachrückenden und neuentstehenden nach außen gedrängt. Speziell im Hauptschnitt wandern die im Binnenraume entgegen, die auf der konvexen Seite in der Hauptrichtung. Daß dabei die dielektrische Polarisation auf der konkaven Seite — und gar im Binnenraume — größer ist als auf der konvexen, leuchtet ohne weiteres ein. In einiger Entfernung läßt sich das auch rechnerisch, ohne großen Schwierigkeiten zu begegnen, nachweisen. Dabei ist es gleichgültig, ob man in erster Annäherung mit drei Dipolen arbeitet, oder — strenger — eine sinusförmige Verteilung von Ladung und Strom unterstellt und in Rechnung zieht, wie ich mich überzeugt habe. Wenn Herr Fleming ein entgegengesetztes Verhalten errechnet, so ist das auf ein Versehen im Vorzeichen zurückzuführen, indem beim Ansatz nicht zwischen einer Dislokation der Dipole und einer Verschiebung des Feldpunktes buchstäblich unterschieden worden ist. Seine Formeln werden richtig, wenn man in ihnen $\cos\Theta$ mit $-\cos\Theta$ vertauscht, seine Folgerungen aber dadurch sämtlich hinfällig.

Das Erdreich verhält sich also sicher nicht wie ein Metallspiegel, auch nicht annäherungsweise, es muß sich nach den vorliegenden Erfahrungen verhalten wie ein Medium, das befähigt ist, das Feld in sich hineinzuziehen. Daß es dabei auch Feldenergie absorbiert, ist aus der Existenz des Grundwassers gewiß. Setzen wir dies Medium bis in große Tiefen hinein als homogen voraus, was in Wirklichkeit nicht zutrifft, dann lassen sich die Tatsachen (a) bis (c) ungezwungen erklären, freilich nicht streng auf Grund von Feldgleichungen, es fehlt uns bis heute die Lösung des wohldefinierten Problems, wohl aber auf Grund von allgemeinen Erfahrungssätzen und von besonderen, die wir über Aus-

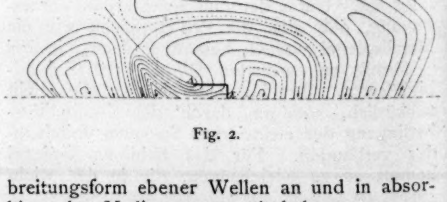


Fig. 2.

breitungsform ebener Wellen an und in absorbierenden Medien gesammelt haben.

Es ist zweifellos, daß das Feld sich nach Gegenden geringerer Energiedichten hinzuziehen bestrebt ist. Infolgedessen besitzt die Strahlung an der Erdoberfläche eine Komponente

1) Derselbe. Ebenda.
2) Derselbe. Ebenda.
3) F. Hack, Ann. d. Physik **14**, 539, 1904.

in die Erde hinein und die elektrischen Kraftlinien daselbst in der Luft sind entsprechend vornüber geneigt. Gehen wir nun von dem aus Fig. 1 zu entnehmenden Grenzfall metallischer Leitfähigkeit des Mediums unterhalb der Horizontalen aus, denken wir uns die Leitfähigkeit herabgesetzt und die dielektrische Wirksamkeit erhöht, so gelangen wir an Hand der besonderen Erfahrungen zu einem Bilde der Kraftlinien in der Luft, das etwa dem in Fig. 2 aus der Hand gezeichneten entsprechen wird. Die Zipfel der Kraftlinienschleifen auf der konvexen Seite richten sich im Fortgang der Bewegung auf und wandern in großen Bögen nach dem Horizont zu, um unter Erleidung einer bedeutenden Knickung in die Erde zu versinken.

Mit der geschilderten Ausbreitungsform hängt es zusammen, daß die Neigung dieser Kraftlinien in Luft gegen den Horizont geringer sein muß als auf der konkaven Seite, wo das Feld im Binnenraume des Oszillators sehr viel intensiver ist, aber auch der Drang, und infolge der besonderen Form des Oszillators auch die größere Möglichkeit, in das absorbierende Medium überzutreten. Wird nun gar das freie Ende des Senders unter die Höhe des Knickpunktes herabgedrückt, dann muß der Übertritt im Binnenraume besonders stark sein. Damit ist aber die Möglichkeit dargetan, daß in Luft die Strahlung in horizontaler Richtung auf konvexer Seite die auf der konkaven übertrifft, im Gegensatz zu dem in Fig. 1 dargestellten Falle. Die Tatsachen (a) und (b) erheben die Möglichkeit zur Gewißheit.

Je größer das Knickungsverhältnis, das Verhältnis des horizontalen zum vertikalen Teile des Oszillators, umso größer muß nach dem entwickelten Gedankengange unter sonst gleichen Verhältnissen die Energie absorbierende Wirkung der Erde sein. Das ist in Übereinstimmung mit der Tatsache (c).

Als Kommentar diene noch folgendes:

Herr Fleming hat, wie oben schon erwähnt, eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei denen unter sonst gleichen Bedingungen nur das Knickungsverhältnis α variiert wurde. Die Resultate gibt die von ihm gezeichnete Schar von Polarkurven sehr anschaulich wieder. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß die von einer Polarkurve (α = const) umschlossene Fläche σ ein Maß für die Gesamtstrahlung in der Horizontalebene ist. Ich habe die Planimetrierung ausgeführt. Setzt man σ für den ungeknickten Sender gleich 1000, so erhält man folgende Werte:

$\alpha =$	$\frac{0}{20}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{16}{4}$	$\frac{17}{3}$	$\frac{18}{2}$	$\frac{19}{1}$
$\sigma =$	1000	546	253	165	92	46	30

Die im vorliegenden besprochenen Erscheinungen müssen auch auftreten, wenn das Meer an die Stelle des Erdreiches tritt; nur bedeutend reiner.

Gießen, Physikal. Institut der Universität, 4. März 1907.

(Eingegangen 6. März 1907.)

Ein neues Galvanometer.

Von J. K. A. Wertheim Salomonson.

Vor kurzem wurde von Einthoven ein neues außerordentlich empfindliches Galvanometer beschrieben, bei dem ein dünner versilberter Quarzfaden wie eine Saite in einem magnetischen Felde ausgespannt war. Die Ausbuchtung des Fadens infolge des Stromdurchganges wurde mit einem Mikroskop beobachtet.

Versuchsweise wurde von Prof. Th. Place ein Instrument konstruiert, bei dem das magnetische Feld nicht von einem Magnete oder von einem Elektromagneten gebildet wurde, sondern von zwei parallel ausgespannten stromdurchflossenen Drähten. Die dünne Metallsaite erhielt bei dem Stromdurchgang gleichfalls eine Ausbuchtung infolge der elektrodynamischen Anziehung resp. Abstoßung, welche von den beiden parallelen Drähten ausgeübt wurde.

Da mir das Prinzip außerordentlich interessant zu sein schien, habe ich ein genau gearbeitetes Instrument dieser Art anfertigen lassen.

Auf einer festen Grundplatte, mit Stellschrauben versehen, erhebt sich erstens eine Säule, die ein horizontal umgelegtes Mikroskop trägt. Die Säule kann mikrometrisch nach der Seite verschoben werden.

Weiter erhebt sich auf der Grundplatte ein kräftiger Rahmen, in den von der hinteren Seite der vertikale Saitenträger eingeschoben werden kann. Der Saitenträger kann mikrometrisch nach vorn und hinten eingestellt werden. Der Rahmen trägt an den beiden Seiten je einen mikrometrisch verstellbaren Schlitten. Jeder Schlitten trägt eine vertikale Hartgummistange, welche mikrometrisch drehbar ist um eine mit dem Mikroskop parallele Achse. Die Hartgummistange trägt an den Enden je eine Klemmschraube, zwischen denen ein Kupferdraht von etwa 1 mm Durchmesser vollkommen gerade ausgespannt ist, ohne den Hartgummi zu berühren. Diese Drähte können folglich genau parallel der Saite und in beliebiger Distanz derselben eingestellt werden, während außerdem die Saite genau in die Mitte der beiden dicken Drähte gebracht werden kann.

Der Saitenträger besitzt eine mikrometrische Einrichtung für Spannung der Saite.

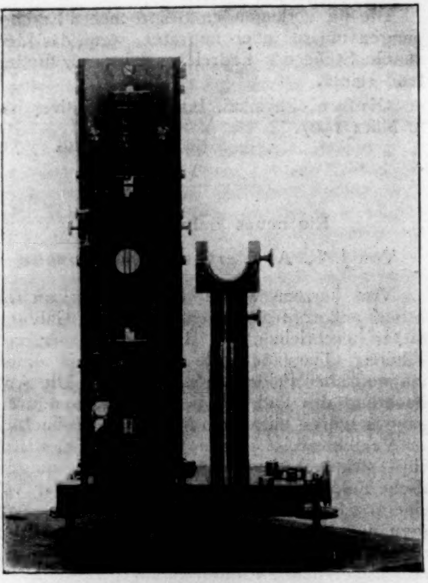


Fig. 1a.

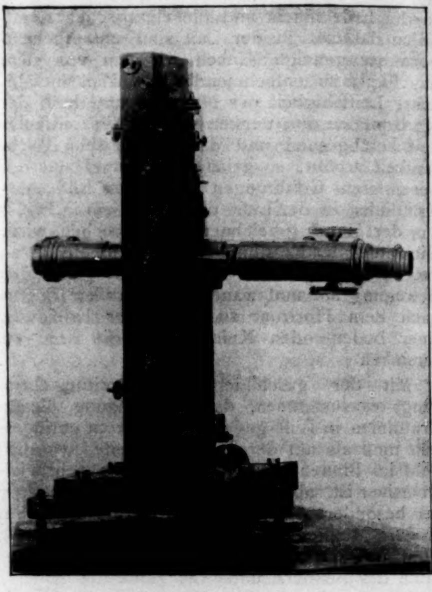


Fig. 1b.

Die beiden obengenannten Hartgummistangen tragen noch je eine leichte Hartgummiplatte mit zentraler, mit einem mikroskopischen Deckglase versehener Öffnung zum Abschlusse der bewegten Luft von der dünnen Saite.

Das Galvanometer kann in folgender Weise gebraucht werden.

1. Als Galvanometer. Die beiden oberen Klemmschrauben der beiden Felddrähte werden mit einer Kupferlitze verbunden. Durch die unteren Klemmschrauben wird ein Strom von 1 bis 20 Ampere geleitet. Wenn jetzt ein schwacher Strom durch die Saite fließt, so buchtet sich diese aus, und die Ablenkung kann entweder mit dem mit einem Okularmikrometer versehenen Mikroskop unmittelbar gemessen werden oder auch auf einen Schirm projiziert werden. Wird umgekehrt durch die Saite ein schwacher Strom bekannter Intensität geführt, dann kann ein starker Strom, der durch die Felddrähte fließt, gemessen werden: hierbei können die Felddrähte parallel geschaltet werden, und somit eine obere Grenze von etwa 40 Ampere erreicht werden.

2. Als Elektrodynamometer. Hierbei wird das Ende der Saite mit einer der unteren Klemmschrauben verbunden und derselbe Strom hintereinander durch Felddrähte und Saite geführt.

3. Als Wattmeter. Hierbei wird der Hauptstrom durch die Felddrähte geführt, während der Spannungsstrom unter Zwischenschaltung eines genügenden Widerstandes durch die Saite geführt wird.

4. Als Elektrometer. Die beiden Felddrähte werden jetzt nicht miteinander verbunden: jeder der Felddrähte entspricht einem Quadrantenpaar, während die Saite die Nadel bildet. — Sämtliche bei dem Quadrantelektrometer angewendeten Schaltungen sind zulässig.

Die Vorteile des neuen Galvanometers sind große und viele. Die Empfindlichkeit als Galvanometer läßt sich am besten ausdrücken in Vergleichung mit dem Einthovenschen Saitengalvanometer.

Falls die Feldstärke bei letzterem H beträgt, die Länge der Saite l ist, und ein Strom i durch die Saite fließt, ist die transversale Kraft, welche die Saite erfährt:

$$K = Hli.$$

Bei dem Placeschen Instrument wird das Feld gebildet von den zwei parallelen Felddrähten. Wenn die Distanz der Saite von der Achse der Felddrähte z beträgt, und ein Strom J durch die Felddrähte fließt, ist das magnetische Feld

$$H = \frac{4J}{z}.$$

Bei dem Einthovenschen Saitengalvanometer möge die maximale Feldstärke etwa 20000 C.G.S.-

Einheiten betragen. Bei unserem Galvanometer kann $\mathfrak{J}$ höchstens auf 20 Ampere = 2 Weber gebracht werden, während z auf etwas weniger als 1 mm herabgesetzt werden kann. Dies ergibt eine Feldstärke von

$$H = \frac{4 \times 2}{0,1} = 80 \text{ C.G.S.-Einheiten.}$$

Das Einthovensche Instrument ist somit bei Anwendung der gleichen Saite etwa 250fach empfindlicher als das Placesche Instrument. Da laut Mitteilung Einthovens eine Empfindlichkeit von etwa 10^{-11} Ampere erreicht werden kann, dürfen wir für das Placesche Instrument eine Empfindlichkeitsgrenze von $2,5 \cdot 10^{-9}$ setzen.

Als Elektrodynamometer benutzt, gibt in diesem Falle ein Strom von etwa $2 \cdot 10^{-4}$ Ampere wieder einen leicht zu messenden Ausschlag. Diese Zahl wird sehr leicht von zahlreichen anderen Elektrodynamometern überholt. Es handelt sich jedoch hier um ein vollständig induktionsfreies Instrument von verschwindend kleiner Kapazität — soweit mir bekannt, das einzige induktionsfreie Instrument dieser Art. Trotzdem wird es wohl kaum als Elektrodynamometer verwendet werden, da leichter zu handhabende Hitzdrahtinstrumente konstruiert werden können von der gleichen Empfindlichkeit.

Die größten Vorteile bietet jedoch der Gebrauch als Wattmeter. Die Empfindlichkeit ist jedenfalls bedeutend größer als diejenige der mir bekannten Spiegelwattmeter und außerdem besitzt das Instrument weder Selbstinduktion noch Kapazität. Es ist somit verwendbar bei jeder noch so großen Phasenverschiebung, und es ist sehr leicht, damit z. B. den Energieverbrauch eines Kondensators oder einer Drosselspule im Wechselstromkreis mit erheblicher Genauigkeit zu messen.

Als Elektrometer ist die Empfindlichkeit sehr zufriedenstellend. So fand ich, daß mit einem Wollastonfaden von 3 μ Durchmesser, bei einer Einstellungsdauer von 0,12 Sekunde, 1 Volt einen Ausschlag von 1 mm ergab bei einer 250fachen Vergrößerung — bei der idiostatischen Schaltung. Wird der Faden so weit wie möglich entspannt, wobei die Einstellungsdauer auf 2 Sekunden steigt, dann gibt eine PD. von 0,25 Volt einen Ausschlag von 1 mm. Wird der Faden so weit gespannt, daß eine möglichst schnelle Einstellung mit kritischer Dämpfung erzielt wird, wobei die geringste Spannungserhöhung sofort eine oszillierende Einstellung verursacht —, dann verursacht eine Spannung von 3 Volt einen Ausschlag von 1 mm. In diesem Falle läßt sich jedoch die Empfindlichkeit noch etwa zweimal vergrößern durch Annäherung der Felddrähte an die Saite bis auf etwa 0,2 mm Entfernung — wobei allerdings die Gefahr besteht, daß die Saite an einen der Felddrähte anklebt und nur mühsam gelöst werden kann, ohne zu zerreißen.

Bei der soviel empfindlicheren Nadelschaltung läßt sich bei der schnellen kritischen Einstellung, welche in etwa 0,016 Sekunde erfolgt, bei einer Hilfsladung von 100 Volt, eine PD. von 0,1 Volt nachweisen.

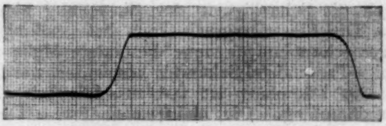


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt die kritische Einstellung bei Quadrantschaltung. Die Nadel war auf 107 Volt geladen. Ein Quadrant war zur Erde abgeleitet; der andere Quadrant wurde auf 2,1 Volt geladen.

Das Koordinatensystem wurde bei der photographischen Registrierung zugleich aufgeschrieben nach der S. Gartenschen Methode. — 1 mm bedeutet 0,002 Sekunde resp. 0,1 Volt.

Bei möglichst großer Erschlaffung des Fadens ist bei einer Einstellungszeit von 1 Sekunde ein Ausschlag von 1 mm für 0,001 Volt zu erzielen. Für einen Quarzfaden von 1 μ Durchmesser läßt sich eine wenigstens 100fach größere Empfindlichkeit erwarten.

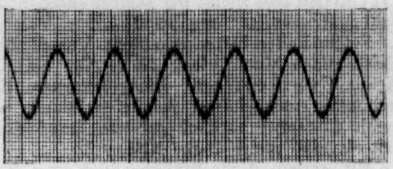


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt z. B. die mit einem kleinen Wechselstromgenerator, welcher nahezu reine Sinusoiden ergibt, erzielte Spannungskurve.

Die Empfindlichkeit läßt sich jedenfalls noch in einer anderen Weise steigern. Wir brauchen dann nur die Saitenlänge zu vergrößern. Die ablenkende Kraft ist proportional mit der Länge. Werden die Felddrähte und die Saite also n-fach verlängert, so wird die ablenkende Kraft auch n-fach größer. Bei der gleichen Saitenspannung wird aber eine n-fach längere Saite eine n-fach größere Ablenkung erfahren durch die gleiche ablenkende Kraft. Die Empfindlichkeit wird also n^2-fach größer.

Bei meinem Apparat beträgt die Saitenlänge bloß 11 cm. Dieselbe könnte jedoch leicht auf 40—50 cm gesteigert werden. Hier-

bei würde aber eine andere wertvolle Eigenschaft verloren gehen.

Der größte Vorteil des Instrumentes besteht eben in der Fähigkeit einer außerordentlich schnellen Einstellung. Hierbei muß allerdings auf die größte Empfindlichkeit verzichtet werden. Wird nämlich die Saitenspannung vergrößert, so nimmt die Empfindlichkeit ab, jedoch die Schnelligkeit der Einstellung nimmt zu. Die Einstellungszeit kann bei gradlinigen Stromschwankungen ohne besondere Mühe auf einige Tausendstel Sekunden vermindert werden.

Die Dämpfung ist fast ausschließlich eine Luftdämpfung. Die elektromagnetische Dämpfung ist bei dem schwachen magnetischen Felde gegenüber der Luftdämpfung verschwindend klein.

Wir brauchen daher eine ziemlich starke Luftdämpfung und diese wird um so stärker, je dünner die Saite ist.

Nimmt man einen Silberdraht von 0,02 mm Durchmesser als Saite, dann gelingt es überhaupt nicht, die Saite so weit zu entspannen, daß man eine aperiodische Bewegung erhält. Bei Wollastondraht von 0,01 mm gelingt dies nur unter günstigen Umständen. Bei Wollastondraht von 3 μ Durchmesser kann die Saite schon ziemlich stark gespannt werden, bevor Schwingungen sichtbar werden.

Die volle Empfindlichkeit erhält der Apparat erst, wenn man als Saite einen versilberten genügend dünnen Quarzfaden nimmt — wie Einthoven dies zuerst bei seinem vorzüglichen Saitengalvanometer angewandt hat.

Solche Fäden bieten erhebliche Vorteile über gleich dicke Metallfäden. So ergibt ein 10 μ dicker Quarzfaden sehr leicht langsame Einstellungen von einigen Sekunden Dauer, und damit eine etwa 100fach größere Empfindlichkeit als eine gleich dicke Platinsaite.

Mit einem Wollastonfaden von 3 μ kann die Einstellungszeit bloß auf etwa 2 Sekunden herabgesetzt werden. Selbst wenn solche Fäden stark geglüht werden, sowohl vor dem Abbeizen der Silberhülle oder nachher, gelingt es nicht, den Faden von aller Spannung zu befreien. Schraubt man die Enden zusammen, dann krümmt sich auch der Wollastondraht, während die galvanometrische Empfindlichkeit nahezu konstant bleibt.

Handelt es sich um Strom-, Spannungs- oder Leistungsmessungen, bei denen die momentanen Werte möglichst genau gemessen werden können — also um Oszillogramme, dann muß dafür gesorgt werden, daß die Einstellung eine „kritische" ist — also an der Grenze der Aperiodizität und die Schwingungsdauer eine möglichst kurze. Dies läßt sich voraussichtlich nur erreichen, wenn dünne und sehr kurze versilberte Quarzfäden gebraucht werden — jedenfalls nicht dicker als 1 μ. Allerdings muß dann verzichtet werden auf maximale Empfindlichkeit. In diesem Falle dürfte es besser sein, wenn man einen Aluminiumfaden von etwas größerem Durchmesser — etwa 0,03 mm — in eine dämpfende ölige Flüssigkeit einschließen würde. Außerdem wäre die Saitenlänge dann auch erheblich herabzusetzen. In einer derartigen Konstruktion dürfte das Instrument für die Technik vielleicht brauchbar sein, obgleich die Empfindlichkeit in diesem Falle nur sehr gering sein würde.

Der Durchmesser der Felddrähte kann in einzelnen Fällen mit Vorteil vergrößert oder herabgesetzt werden. Wenn die Saite stark gespannt ist, und der Feldstrom nicht sehr groß zu sein braucht, sind dünnere Felddrähte vorteilhaft: die Distanz z zwischen Saite und Zentrum der Felddrähte läßt sich dann erheblich vermindern. Will man z. B. bei 500facher Vergrößerung noch Ausschläge von 4 cm beobachten, dann kann die Distanz zwischen Saite und Felddrahtoberfläche bis auf 0,1 mm vermindert werden, und wird der Gebrauch von 0,2 mm dicken Felddrähten zulässig, wobei ein Feldstrom von 1 Ampere schon ein ebenso starkes Feld erzeugt als ein Strom von 3 Ampere durch einen Felddraht von 1 mm Durchmesser. Will man jedoch die Empfindlichkeit vergrößern durch den Gebrauch eines möglichst starken Feldes, dann ergibt sich die Notwendigkeit, nun den Felddrahtdurchmesser ebenfalls zu vergrößern. Über 2 mm Durchmesser wird man jedoch wohl kaum zu gehen brauchen.

(Eingegangen 20. Februar 1907.)

Über neue Methoden der Telautographie.

Von A. Korn.

Die Telautographie beschäftigt sich nicht mit der Übertragung von getönten Photographien, ihre Aufgabe ist, Handschriften, Zeichnungen und dergl. telegraphisch zu übertragen. Wie ich bereits bei meinen früheren Versuchen[1]) angestrebt habe, die Aufgabe der Telautographie mit ähnlichen Empfangsapparaten zu lösen, wie die Fernphotographie, so ergab sich nach der Abänderung meiner fernphotographischen Methoden[2]) auch die Forderung, die telautographischen Methoden entsprechend zu modifizieren.

Der Sender für Telautographie Bakewellscher Art ist bekannt.[3])

1) Diese Zeitschr. **5**, 164, 1904.
2) Diese Zeitschr. **8**, 118, 1907.
3) Man vergleiche übrigens die Ansichtskizze des Bakewellschen Gebers in meiner in Anm. 1 genannten Abhandlung.

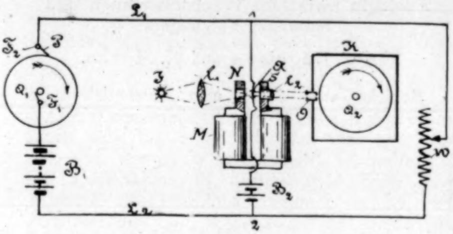


Fig. 1.

Er besteht aus einem rotierenden Zylinder Q_1, der sich nach jeder Umdrehung ein klein wenig in der Richtung seiner Achse verschiebt; auf diesen wird eine Metallfolie gewickelt, auf der die zu übertragende Schrift, Zeichnung oder dergl. als eine die Elektrizität nicht leitende Materie aufgetragen wird. Auf der Folie schleift ein metallischer Stift P, der mittels einer Feder F_2 an die Folie angedrückt wird und einen von der Batterie B_1 zu liefernden Strom schließt oder öffnet, je nachdem der Stift P mit seiner Spitze auf eine leitende oder nichtleitende Stelle der Metallfolie trifft; der Strom wird der Folie durch den mit derselben stets leitend verbundenen Schleifkontakt F_1 zugeführt und geht durch die Linien L_1 und L_2 zum Empfänger; für die eine Linie kann natürlich auch die Erdleitung verwandt werden.

Auf der Empfangsstation rotiert ein Zylinder Q_2 synchron mit dem Gebezylinder Q_1 in dem lichtdichten Kasten K; der auf diesen Zylinder aufgewickelte Empfangsfilm kann nur durch den Tubus O, der dicht vor dem vorbei rotierenden Film mit einer sehr engen Öffnung versehen ist, Licht erhalten. Das Bild der Metallfolie des Gebers wird auf dem Aufnahmefilm reproduziert werden, wenn der Empfangsfilm jedesmal Licht erhält, sobald der Linienstrom unterbrochen wird, und kein Licht, sobald der Strom geschlossen ist, oder umgekehrt. Bei meiner früheren Anordnung war die Einrichtung getroffen, daß eine evakuierte Röhre jedesmal den Aufnahmefilm belichtete, wenn der Linienstrom unterbrochen war, während sie nicht leuchtete, sobald der Linienstrom geschlossen war. Diese Empfangseinrichtung ist nun jetzt in folgender Weise modifiziert worden:

Der Aufnahmefilm erhält sein Licht mit Hilfe eines Lichtrelais [1]), wie es in dem ersten Heft dieses Jahrgangs von mir beschrieben wurde; ein auf zwei Metallfäden zwischen den Polen N, S eines kräftigen Elektromagneten M befestigtes Aluminiumblättchen A gewährt dem Lichte einer Nernstlampe I, das durch die Linse l_1 auf das Blättchen konzentriert und mit Hilfe der Linse l_2 parallel durch den Tubus auf den Aufnahmefilm geworfen werden kann, Durchlaß oder nicht, je nachdem dieses Saitengalvanometer, entsprechend den durch die Metallfäden hindurchgehenden Strömen seinen Maximalausschlag nach der einen oder anderen Seite erhält.

1) Diese Zeitschr. 8, 18, 1907.

Ist der Linienstrom unterbrochen, so geht ein der Batterie B_2 entnommener Strom durch das Saitengalvanometer, den Kontakt 1, den Widerstand w und den Kontakt 2 und bringt bei genügender Stärke des wirkenden Stromes das Aluminiumblättchen zu seinem Maximalausschlage nach der einen Seite, und zwar ist die Optik so gewählt, daß bei diesem Ausschlage der Aufnahmefilm volles Licht erhält.

Ist der Linienstrom geschlossen, so geht bei der durch das Schema angedeuteten Schaltung, sobald nur die elektromotorische Kraft der Batterie B_1 gegen die von B_2 entsprechend groß ist, ein Strom in entgegengesetztem Sinne durch das Saitengalvanometer, der bei genügender Stärke das Aluminiumblättchen zu seinem Maximalausschlage nach der anderen Seite bringt. Die Optik ist so gewählt, daß bei diesem Ausschlage der Aufnahmefilm kein Licht erhält.

Der Vorteil des Saitengalvanometers und der genannten Schaltung besteht darin, daß man bei einem Mindestwert von bewegter Masse nach beiden Ablenkungsrichtungen einen durch die Spannung der Fäden regulierbaren Anschlag hat, wobei ein Kleben an den Anschlägen ausgeschlossen ist. Dadurch wird es möglich, auf die Fäden eine weitaus größere dynamische Kraft zur Wirkung zu bringen, als zur Ablenkung, d. h. zur Überwindung der Richtkraft des Systems, erforderlich ist; man kann vielmehr die dynamische Kraft so groß wählen, daß die Richtkraft des Systems ihr gegenüber verschwindend klein wird, und dadurch eine äußerst hohe Geschwindigkeit erzielen. Ich bin zwar bis jetzt in den Transmissionsgeschwindigkeiten noch nicht über die früheren, bereits ziemlich hohen Geschwindigkeiten hinausgegangen, wir können aber nunmehr aussagen, daß wir mit den bisher erreichten Geschwindigkeiten noch lange nicht die praktisch möglichen Grenzen erreicht haben.

Obwohl sich das Prinzip der Synchronismuseinrichtung gegen früher nicht verändert hat, dürfte die schematische Darstellung der Einordnung unserer Synchronismuseinrichtung in das neue System auch hier willkommen sein.

Die beiden Zylinder Q_1 und Q_2 werden durch je einen Elektromotor getrieben, welche auf bestimmte Tourenzahlen [1]) eingestellt sind,

1) Man vergl. diese Zeitschr. 5, 25, 1904.

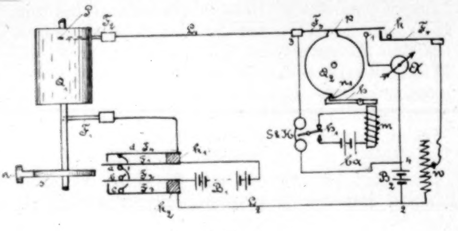


Fig. 2.

und zwar rotiert die Empfangswalze etwas (1 Proz.) rascher als die Gebewalze; sie muß daher nach jeder Umdrehung durch ein in die Nase n_1 eingreifendes Häkchen h ein wenig, und zwar so lange aufgehalten werden, bis der Gebezylinder nachgekommen ist, was bei dem Passieren des Nockens n (der an der mit Q_1 fest verbundenen Scheibe s sitzt) an der Umschaltvorrichtung $abcd$ durch eine Umkehrung des Linienstromes und das dadurch hervorgerufene Abreißen des die Nase n_1 festhaltenden Häkchens h angezeigt wird.

In dem Momente, in welchem die Nase n_1 an dem sie festhaltenden Relaishäkchen h anlangt, betätigt der Nocken p durch Abheben der Feder F_3 eine Ausschaltvorrichtung, durch welche sowohl der Widerstand w, als auch das Saitengalvanometer A stromlos wird, der erstere, weil die Feder F_3 mit der durch den Anschlag k zurückgehaltenen Feder F_4 nicht mehr Kontakt macht, das Saitengalvanometer infolge Aufhebung des Kontaktes 1. Der Empfänger ist jetzt für das Zeichen der Synchronismuskorrektur bereit; dieses erfolgt, wenn der Nocken n des Gebezylinders die Umschaltvorrichtung $abcd$ passiert; in diesem Augenblicke wird der von dem Kontakte 3 durch das Relais S und H nach dem Kontakte 4 fließende Strom[1]) umgekehrt, der Relaishebel h_1 öffnet einen der Batterie ba entnommenen, den Magnet m betätigenden Ruhestrom, und das die Empfangswalze zurückhaltende Häkchen h wird durch eine Feder abgerissen, so daß der Empfangszylinder weiterrotieren kann. Auf diese Weise werden etwaige kleine Synchronismusfehler nach jeder Umdrehung korrigiert.

1) Es ist dafür gesorgt, daß zur Zeit der Synchronismuskorrektur der Stift P auf einer leitenden Stelle der Folie schleift.

München, Februar 1907.

(Eingegangen 27. Februar 1907.)

Analogie zwischen Wechselströmen und Schallschwingungen.

Von C. Déguisne und K. Marbe.

Schickt man durch eine Magnetisierungsspule zwei Wechselströme verschiedener Wechselzahl und läßt man die Spule auf eine Reihe abgestimmter Stahlzungen einwirken, wie dies z. B. beim sogenannten Frequenzmesser der Fall ist, so kommen zunächst, wie bekannt, diejenigen beiden Zungen ins Mitschwingen, deren Schwingungszahlen den Wechselzahlen der beiden Ströme entsprechen. Der eine von uns fand nun bei Vornahme dieses Versuches, daß auch diejenige Zunge erregt wird und zu schwingen anfängt, deren Schwingungszahl dem arithmetischen Mittelwert der beiden Wechselzahlen gleich ist, wie aus Tabelle I hervorgeht.

Diese bezieht sich auf Versuche mit zwei Wechselströmen, von denen der eine durch das städtische Elektrizitätswerk und der andere durch eine Maschine des Instituts geliefert wurde. In der dritten Zeile c) sind die abgelesenen und in Klammern die berechneten Mittelwerte angegeben.

Tabelle I.

	Wechselzahlen		
a) Städtischer Strom:	91,0	91,0	91,0
b) Maschine . . .:	40,0	53,0	73,8
c) Resultierende . .:	65,5 (65,5)	72,0 (72,0)	82,3 (82,4)

Eine Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich leicht, wenn man die Resultierende der zwei Wechselströme graphisch konstruiert, bzw. sie mit dem Oszillographen aufnimmt.

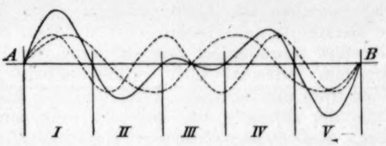


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt z. B. zwei Wechselströme, deren Wechselzahlen sich wie 2 : 3 verhalten, nebst ihrer Resultierenden. In horizontaler Richtung ist die Zeit, in vertikaler sind die momentanen Stromwerte aufgetragen; der Verlauf der Ströme ist sinusförmig angenommen. Die punktierten Kurven stellen die beiden Komponenten, die durchgezogene die Resultierende dar. Die Strecke AB, welche 4 halbe Perioden des einen, bzw. 6 halbe des zweiten Stromes umfaßt, wird durch die Nullwerte der Resultierenden in 5 annähernd gleich lange Stücke geteilt, die in der Figur mit I bis V bezeichnet sind.

Jeder Abschnitt, mit Ausnahme des dritten, enthält einen ungefähr in seiner Mitte auftretenden Maximalwert, in bald positivem, bald negativem Sinne. Die zwei im Abschnitt III erscheinenden Maximalwerte sind nun erheblich kleiner als die andern; ihre Wirkung verschwindet daher, und die Resultierende wirkt wie ein Wechselstrom, bei dem fünf Maximalwerte auf diejenige Zeit entfallen, die vier Maxima der ersten bzw. sechs der zweiten Komponente umfaßt.

In gleicher Weise ergibt sich für jedes andere Verhältnis der Wechselzahlen, daß bei der Resultierenden die wirksamen Maximalwerte in Abständen aufeinander folgen, die dem arithmetischen Mittel aus den Wechselzahlen der beiden Komponenten entsprechen.

Wie zu erwarten war, wurden bei drei gleichzeitig fließenden Strömen verschiedener Wechselzahlen am Frequenzmesser drei Mittelwerte aufgefunden. Die abgelesenen Werte gibt Tabelle II; auch hier sind die berechneten Werte in Klammern beigefügt.

Tabelle II.

	Wechselzahlen		
a) Städtischer Strom . .	91,0	91,0	90,8
b) Maschine 1	58,0	62,0	81,0
c) Maschine 2	48,4	53,0	57,0
d) Resultierende zu a u. b	74,5 (74,5)	76,5 (76,5)	85,8 (85,9)
e) " " a u. c	69,8 (69,8)	72,0 (72,0)	73,8 (73,9)
f) " " b u. c	53,0 (53,3	57,8 (57,5)	69,0 (69,0)

Es lag nun nahe, die Frage aufzuwerfen, ob auch ein akustischer Resonator durch zwei gleichzeitig auftreffende Schallwellen verschiedener Schwingungszahlen zum Mitschwingen veranlaßt wird, wenn er auf deren Mittelwert abgestimmt ist. Daß das Ohr aus einem Zweiklang den der mittleren Schwingungszahl entsprechenden Ton heraushören kann, ist unseres Wissens von niemandem wahrgenommen worden, während das Auftreten anderer Kombinationstöne an verschiedenen Stellen erwähnt wird.[1])

Ein näheres Studium unserer oben erhaltenen Resultierenden zeigt sofort, daß ein Schallresonator, auf den Mittelwert zweier verschiedener Töne nicht ansprechen kann. Während nämlich beim Frequenzmesser die magnetische Einwirkung auf die Stahlzungen von der Richtung des Stromes unabhängig ist, indem letztere stets in entsprechendem Sinne ummagnetisiert werden, kommt bei der Wirkung der Schallwellen das Vorzeichen wohl in Frage. Ein Schallresonator (Membran, Luftsäule) würde verlangen, daß, wenn der Stoß der Resultierenden im ersten der oben erwähnten fünf Abschnitte, z. B. in positivem Sinne erfolgt, er im zweiten negativ, im dritten wieder positiv, im vierten negativ usf. wäre. Dies trifft, wie die Fig. 1 zeigt, nicht zu. Vielmehr sind die Stöße im ersten Abschnitt positiv, im zweiten negativ, im dritten null, im vierten positiv, im fünften negativ usw. Das heißt: die Wirkung von fünf Abschnitten wird durch die Wirkung der nächsten fünf wieder aufgehoben, so daß eine akustische Resonanz nicht zustande kommen kann. Wohl aber erscheint das Mitschwingen eines auf die Summe der Schwingungszahlen abgestimmten Resonators durch obige Ableitungen ebensowenig ausgeschlossen, wie das Mitschwingen der oberen Oktave beim Anschlagen des Grundtons. Ferner erscheint es möglich, daß die Schwingungszahl $a + 2b$, wenn a und b die Schwingungszahlen der Komponenten sind, erregt wird.

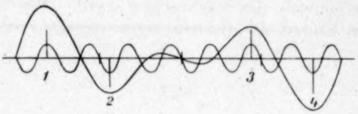


Fig. 2.

Wie nämlich aus Fig. 2 zu erkennen ist, werden an den Stellen 1, 2, 3, 4 die Schwingungen des Tones $a + 2b$ unterstützt, während sie an keiner Stelle direkt gehemmt werden.

Für den Fall, daß das Ohr als Resonator betrachtet werden dürfte, würde also unsere Theorie dem Zustandekommen von Summationstönen nicht widersprechen; sie würde aber erklären, warum wir aus Zweiklängen Töne von der mittleren Schwingungszahl nicht heraushören können.

Nun darf ein Rückschluß von Wechselströmen auf das Verhalten von gleichzeitig auftretenden Tönen nur dann gezogen werden, wenn die durch zwei Schallschwingungen im fortpflanzenden Medium erzeugten Dichteänderungen durch die von uns oben konstruierten Resultierenden richtig dargestellt werden. Dies ist der Fall, wie von uns angestellte experimentelle Untersuchungen lehren. Die bisherigen Aufnahmen von Schwingungsformen von Schallwellen sind deshalb nicht einwandfrei, weil stets eine Membran als Zwischenglied zur Betätigung von manometrischen Flammen, Spiegeln, Stiften etc. benutzt wurde. Nachdem jedoch der eine von uns gezeigt hat, daß die auf eine Flamme direkt übertragenen Schallschwingungen nachgewiesen werden können, war es uns möglich, die Berechtigung der Analogie zwischen Wechselströmen und Schallschwingungen ein-

1) Helmholtz, Tonempfindungen, 5. Ausg., Seite 254 und 258 ff.; Stumpf, Tonpsychologie, 2 Bd., Seite 254 ff.; Ebbinghaus, Psychologie, 1. Bd., 2. Aufl., Seite 325 ff.; ebenda die Angabe weiterer Literatur.

wandfrei nachzuweisen. Diese Versuche sollen jetzt mitgeteilt werden.

Zur Beobachtung der fraglichen Dichteänderungen benutzten wir eine Flamme, deren Bewegungen nach der von einem von uns ausgearbeiteten Methode[1]) durch Rußbilder fixiert wurden. Ein vertikal gerichteter Messingzylinder von 6,5 cm Durchmesser und 16,5 cm Höhe wurde oben und unten durch einen Boden abgeschlossen. In der Mitte des oberen Bodens befand sich ein kreisrundes Loch von 1 cm Durchmesser. In der Mitte des Loches in gleicher Höhe wie der obere Boden endete ein von der Zylinderwand aus eingeführter Brenner, aus dem eine Acetylenflamme herausbrannte. In der Mitte des unteren Bodens war ein Rechteck ausgeschnitten, dessen Seiten 5 cm und 1,5 cm betrugen. Zur Erzeugung der Schallschwingungen dienten zwei Stimmgabeln; diese waren mit ihren Breitseiten nach oben unter dem Rechteck so aufgestellt, daß die eine links, die andere rechts unterhalb des Mittelpunktes des Rechteckes stand. Die vorderen Enden der Gabeln lagen ungefähr unter

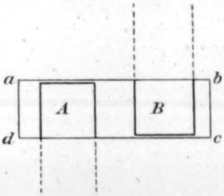


Fig. 3.

entgegengesetzten Längsseiten des Rechtecks, wie aus vorstehender Fig. 3 zu ersehen ist, wo *abcd* unser Rechteck und *A* und *B* die Enden der Gabeln bedeutet. Zur Zeitbestimmung war eine zweite Flamme aufgestellt, die in der von dem einen von uns schon früher[1]) beschriebenen Weise mit einem Telephon verbunden war. Mit Hilfe eines Metronoms, das einen Quecksilberkontakt schloß und öffnete, wurde die Telephonmembran periodisch zum Ansprechen und die Flamme periodisch zum Zucken gebracht. Die Intervalle zwischen Schluß und Schluß bzw. Öffnung und Öffnung lagen 0,86 Sekunden auseinander. Beide Flammen standen in ca. 6 cm Entfernung unter zwei tiefsten Punkten eines unter einer Rolle hinweggleitenden Papierstreifens.

Zuerst wurde eine Versuchsreihe mit Gabeln von nominell 50 und 100 Schwingungen, dann eine zweite mit Gabeln von 100 und 250 Schwingungen aufgenommen. Einige nach dieser Methode erhaltene Rußbilder sind in den Fig. 4a bis 4c und Fig. 7 wiedergegeben. Die drei ersteren zeigen die Kombination von zwei Gabeln von nominell 50 und 100 Schwingungen, von denen eine durch ein Laufgewicht verstimmt worden war, die letztere die von zwei gleichfalls verstimmten Gabeln von 100 und 250 Schwingungen. Diesen Bildern sind in den Fig. 5a bis 5c und Fig. 6a bis 6c die durch graphische Addition erhaltenen Resultierenden der entsprechenden Wechselströme gegenübergestellt. Die Komponenten sind punktiert, die Resultierenden durchgezogen. Jedem positiven Maximalwert der letzteren entspricht im Rußbild ein Ring von der Gestalt einer Ellipse. Diese ist je nach der Stärke des auf die Flamme wirkenden Stoßes mehr oder weniger breit, während ihre Länge von der Geschwindigkeit des Papierstreifens abhängt. Vergleicht

Fig. 4a.

Fig. 4b.

Fig. 4c.

1) Diese Zeitschr. **8**, 92 f., 1907.

1) Diese Zeitschr. **7**, 543 ff., 1906.

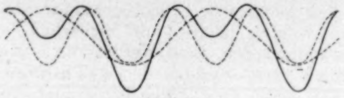


Fig. 5a.

Fig. 5b.

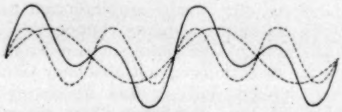


Fig. 5c.

man die Breiten (kurzen Achsen) der Ellipsen untereinander, so findet man sie in Fig. 4a alle gleich groß. Dies entspricht der Form der in Fig. 5a konstruierten Resultierenden, die nur gleich große Maximalwerte in positiver Richtung aufweist. In Fig. 4b sind die kurzen Achsen der Ellipsen verschieden, und zwar liegt immer eine kleinere zwischen zwei größeren, entsprechend der Form der Resultierenden in Fig. 5b, bei der kleinere und größere positive Maxima in gleichen Abständen abwechseln. Endlich sind in Fig. 4c die Ellipsenachsen ebenso wie die Maxima in Fig. 5c verschieden groß und unsymmetrisch zueinander gelagert. Die drei Rußbilder der Fig. 4a bis 4c sind hintereinander liegende Stücke eines und desselben Streifens. Durch die oben erwähnte Verstimmung der einen Gabel wurde der Übergang der einen Konfiguration in die andere erreicht.

Die Fig. 6a, 6b und 6c und Fig. 7 geben die Kombination von zwei Stimmgabeln von 100 und 250 Schwingungen.

Die Resultierende der entsprechenden Wechselströme zeigt bei der in Fig. 6a zugrunde liegenden Phasenstellung einen stark hervortretenden Maximalwert, dem links und rechts je ein erheblich kleinerer und dann je zwei gleiche, etwas größere Maxima benachbart sind. Die gleiche Zusammenstellung kann man im Rußbild der Fig. 7 an der mit A bezeich-

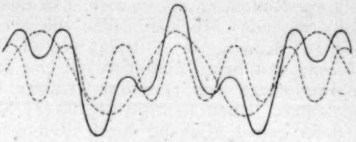


Fig. 6a.

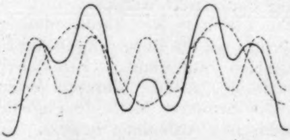


Fig. 6b.

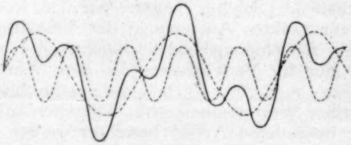


Fig. 6c.

neten Stelle wiederfinden, wenn man berücksichtigt, daß die Größe der Maxima durch ein mehr oder weniger starkes Übertreten der Rußringe über den Rand des Streifens zum Ausdruck kommt. Zur Erläuterung der Stelle A dient das in Fig. 7a gezeichnete Schema der Ringe. In Fig. 6b, wo die Phase der Kurve für 250 Schwingungen um $^1/_4$ Periode geändert ist, zeigt die Resultierende zwei starke

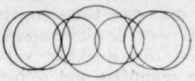


Fig. 7a.

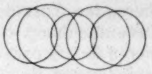


Fig. 7b.

Maxima, die durch ein erheblich kleineres Maximum getrennt und links und rechts von je einem nur wenig kleineren Maximalwert eingeschlossen werden, eine Zusammenstellung, wie sie in den Rußringen an den Stellen B zu erkennen ist. Auch hierzu ist das Schema Fig. 7b zur Erläuterung gezeichnet. Der Resultierenden 6c entsprechen die Übergangszustände zwischen A und B.

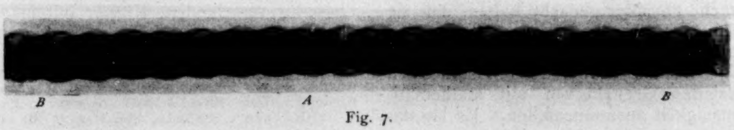


Fig. 7.

Unsere Rußbilder zeigen also, daß das den Schall tragende Medium selbst die resultierende Schwingung fortpflanzt und diese nicht etwa erst beim Auftreffen auf eine Membran oder dergl. sich ausbildet. Unsere Versuche können daher als unmittelbarer Nachweis dafür gelten, daß die durch Stimmgabeln erzeugten Dichteänderungen mittels der aus Sinuskurven erhaltenen Resultierenden im Prinzip richtig dargestellt werden.

Zu den gleichen Resultaten muß man gelangen, wenn man die Bewegungen der Flammen photographisch aufnimmt. Es scheint uns aber überflüssig, auf die Vorzüge hinzuweisen, die die oben benutzte Methode gegenüber der photographischen Aufnahme besitzt. Vor allem ist es möglich, ohne größere Schwierigkeiten und Kosten fast beliebig lange Bilder sich zu verschaffen. Solche längere Streifen können u. a. zur exakten Auswertung des Verhältnisses zweier Schwingungszahlen dienen, und zwar nicht nur für Verhältnisse, die dem Werte 1, sondern auch für solche, die einem andern einfachen Werte naheliegen. Hierüber soll in einer besonderen Arbeit berichtet werden.

Die oben mitgeteilten Experimente wurden in Frankfurt a/M. zum Teil im Elektrotechnischen Institut des Physikalischen Vereins, zum Teil im Psychologischen Institut der Akademie ausgeführt.

(Eingegangen 22. Februar 1907.)

Über das Gesetz der korrespondierenden Grenzkurve, insbesondere über das Verhalten zweiatomiger Stoffe.

Von Hans Happel.

Bekanntlich hat das Gesetz der korrespondierenden Zustände und das damit im engen Zusammenhang stehende Gesetz der korrespondierenden Grenzkurve stets die denkbar verschiedensten Beurteilungen gefunden und selbst jetzt gehen die Ansichten, namentlich über den letzten Satz, noch weit auseinander. Insbesondere sind auch gegen meine Ansichten betreffs des Verhaltens der einatomigen Stoffe Argon, Krypton, Xenon und Quecksilber zu den genannten Gesetzen Einwände erhoben. Ich hoffe, im folgenden zu zeigen, daß diese Bedenken völlig unberechtigt sind, außerdem gelange ich zu einigen Resultaten, welche in der Literatur bis jetzt noch nicht erwähnt sind.

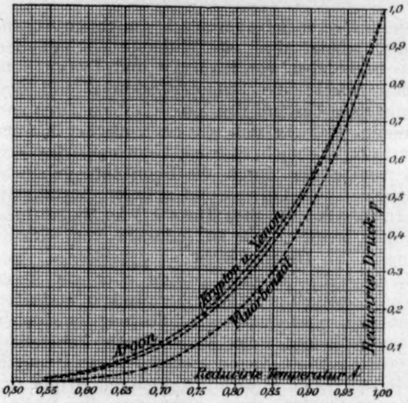
Unmittelbar nachdem van der Waals die beiden Theoreme aufgestellt hatte, mögen vielleicht manche Physiker gedacht haben, daß sie für alle Substanzen genau gelten und also aussagen, daß für sämtliche Stoffe im gasförmigen und flüssigen Zustand die reduzierten Isothermen und reduzierten Grenzkurven mit mathematischer Genauigkeit zusammenfallen. Es lag damals noch kein großes Beobachtungsmaterial vor und gegen die eben erwähnte Ansicht konnte wohl zunächst mit Sicherheit nichts eingewandt werden. Bald aber begann S. Young teils allein, teils zusammen mit Thomas und Ramsay, seine sorgfältigen Experimentaluntersuchungen, welche sich auf die Ermittelung der Grenzkurve bei folgenden Substanzen beziehen: Benzol, Fluor-, Chlor-, Brom-, Jodbenzol, Kohlenstofftetrachlorid, Zinntetrachlorid, Äther, Methyl-, Äthyl-, Propylalkohol, Essigsäure, Methyl-, Äthyl-, Propylformiat, Methyl-, Äthyl-, Propylacetat, Methyl-, Äthylpropionat, Methyl-, Methylisobutyrat, Normalhexan, Iso- und Normalpentan. Es konnte nun eine genauere Prüfung des Gesetzes der korrespondierenden Grenzkurve vorgenommen werden. Diese ergab, daß zwar bei keinem der untersuchten Stoffe die reduzierten Grenzkurven mit absoluter Genauigkeit sich decken, daß sie aber bei der größten Zahl der Substanzen sehr genähert zusammenfallen, obwohl diese zum Teil chemisch sehr verschieden sind. Bei Äthyl-, Propylacetat, Äthylpropionat, Methylbutyrat und Methylisobutyrat ergaben sich etwas größere Abweichungen, aber nur die Alkohole, Essigsäure, sowie der schon von Regnault experimentell untersuchte Schwefelkohlenstoff[1]) fügten sich dem Gesetz gar nicht. Für Kohlensäure dagegen ist es, wie Kuenen und Robson[2]) kürzlich zeigten, anwendbar.

Während diejenigen Forscher, welche sich mit der Prüfung des Theorems der übereinstimmenden Zustände beschäftigten, sich stets der anschaulichen graphischen Darstellung bedienten, haben diejenigen Physiker, welche eine eingehende Prüfung des Satzes von der korrespondierenden Grenzkurve an einer größeren Zahl von Substanzen vornahmen, im allgemeinen diese Kurve für verschiedene Körper nicht gezeichnet, sondern sich darauf beschränkt, für verschiedene Substanzen die reduzierten Dampfdrucke und reduzierten Volumina der gesättigten Dämpfe bei denselben reduzierten Temperaturen zu berechnen.

Die graphische Darstellung der Grenzkurve bietet jedoch wegen ihrer Anschaulichkeit große Vorteile, ich habe es daher unternommen, in dieser Weise die reduzierten Dampfdrucke für eine Reihe von Stoffen miteinander zu vergleichen. Das Gesetz der übereinstimmenden Grenzkurve verlangt freilich, daß auch die reduzierten Volumina des gesättigten Dampfes und diejenigen der damit koexistierenden flüssigen Phase für verschiedene Körper miteinander verglichen werden. Da jedoch der hierauf bezüg-

1) Daß Schwefelkohlenstoff Abweichungen zeigt, hat schon J. D. v. d. Waals erkannt. Kont. d. gasf. u. fl. Zustandes. I. Teil. 1899. 2. Aufl. S. 160.

2) Kuenen u. Robson, Phil. Mag. (3) **6**, 149, 1902.



liche spezielle Teil des genannten Theorems schon eher als richtig zugestanden wird, so habe ich geglaubt, hiervon absehen zu dürfen.

In nachstehenden Tabellen findet man für eine Reihe von Substanzen für verschiedene reduzierte Temperaturen t jedesmal den zugehörigen reduzierten Druck $\mathfrak{p}$ des gesättigten Dampfes; außerdem ist der kritische Druck p_k und die absolute kritische Temperatur T_k angegeben; in der Figur ist ferner die reduzierte Dampfdruckkurve für Fluorbenzol gezeichnet. Trägt man für jeden Stoff die in den Tabellen angegebenen Wertpaare t, $\mathfrak{p}$ in die Figur ein, so findet man in den ersten 9 Fällen, daß die so erhaltenen Punkte fast völlig mit der Kurve für Fluorbenzol zusammenfallen. Bei Propylacetat ergeben sich etwas größere Abweichungen; Schwefelkohlenstoff und Alkohol dagegen zeigen ein abweichendes Verhalten, bei ersterem sind die Werte von $\mathfrak{p}$ zu groß, bei letzterem zu klein.

Fluorbenzol.[1]) $p_k = 33912$ mm, $T_k = 559{,}6^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,542	0,0028
0,613	0,0137
0,685	0,0455
0,756	0,116
0,828	0,247
0,899	0,465
0,970	0,807

Chlorbenzol.[1]) $p_k = 33912$ mm, $T_k = 633{,}0^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,605	0,0119
0,732	0,0855
0,795	0,177
0,875	0,381

Benzol.[1]) $p_k = 36395$ mm, $T_k = 561{,}6^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,611	0,0151
0,754	0,119
0,896	0,463
0,967	0,795

Äther[2]) $p_k = 27060$ mm, $T_k = 467{,}4^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,627	0,0163
0,713	0,0639
0,884	0,409
0,970	0,806

Zinnchlorid[3]) $p_k = 28080$ mm, $T_k = 591{,}7^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,648	0,0239
0,783	0,154
0,850	0,303
0,951	0,704

Methylformiat[4]) $p_k = 45030$ mm, $T_k = 487^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,602	0,0106
0,767	0,128
0,930	0,601
0,972	0,815

1) Nach S. Young, Journal chem. Soc. **55**, 486, 1889.
2) Nach W. Ramsay u. S. Young, Phil. Trans. A. **178**, 57, 1887.
3) Nach S. Young, Journ. chem. Soc. Transact. **59**, 911, 1891.
4) Nach S. Young u. G. L. Thomas, Journ. chem. Soc. Transactions **63**, 1193, 1893.

Äthylformiat[4]) $p_k = 35590$ mm, $T_k = 508{,}3^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,656	0,0258
0,814	0,207
0,892	0,432
0,931	0,595

Methylacetat[4]) $p_k = 35180$ mm, $T_k = 506{,}7^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,658	0,0238
0,815	0,202
0,895	0,430
0,974	0,818

Kohlensäure[5]) $p_k = 72{,}9$ Atm., $T_k = 304{,}4^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,700	0,059
0,766	0,135
0,831	0,265
0,897	0,471

Propylacetat[4]) $p_k = 25210$ mm, $T_k = 549{,}2^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,680	0,0287
0,753	0,0860
0,825	0,206
0,899	0,422

Schwefelkohlenstoff[6]) $p_k = 55400$ mm, $T_k = 548^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,645	0,0367
0,717	0,0930
0,754	0,137
0,772	0,164

Äthylalkohol[7]) $p_k = 47850$ mm, $T_k = 516{,}1^0$

t	$\mathfrak{p}$
0,645	0,0073
0,723	0,0354
0,801	0,119
0,879	0,309
0,955	0,671

Sehen wir von den ein- und zweiatomigen Stoffen vorläufig ab, so folgt, daß zwar nicht für alle, aber doch für die meisten der drei- und noch mehratomigen Körper die reduzierten Dampfdruckkurven genähert zusammenfallen. Diese Fassung des Gesetzes steht seit mindestens 10 Jahren fest und auch die oben erwähnten Substanzen, auf welche es nicht anwendbar ist, sind seit geraumer Zeit bekannt.[8]) Ich habe den Satz stets in der eben angegebenen Formulierung benutzt. Trotzdem sind hiergegen Einwände erhoben, man machte geltend, daß die Kurven für Schwefelkohlenstoff und Alkohol sich nicht mit der für Fluorbenzol decken. Daß dies der Gültigkeit des Theorems in keiner Weise widerspricht, ist nach dem Obigen selbstverständlich.

Es erscheint naturgemäß, daß man, wie wir es oben taten und wie es auch bei der Vergleichung der reduzierten Isothermen oberhalb des kritischen Punktes üblich ist, den Begriff des genäherten Zusammenfallens auf 2 Kurven, die dicht nebeneinander herlaufen, anwendet. In diesem Sinne fallen die reduzierten Dampfdruckkurven der meisten drei- und mehratomigen Stoffe in ihrer ganzen Ausdehnung zusammen und vielleicht sind die kleinen Abweichungen vom Gesetz der korrespondierenden Grenzkurve, die bei diesen vorkommen, nicht wesentlich größer als die Differenzen, die bei denselben Substanzen oberhalb des kritischen Punktes hinsichtlich des Theorems der übereinstimmenden Zustände auftreten. Es ist nicht immer genügend beobachtet worden, daß verschiedentlich bei Betrachtung der Grenzkurven der Begriff des genäherten Zusammen-

5) Nach Kuenen u. Robson Phil. Mag. (3) **6**, 149, 1902.
6) Nach Regnault, siehe Tabellen von Landolt und Börnstein.
7) Nach W. Ramsay u. S. Young, Phil. Trans. **177**, I, 123, 1886.
8) Siehe J. D. v. d. Waals, Kontinuität des gasf. u. fl. Zustandes, 2. Aufl., S. 137, 1899; ferner J. D. v. d. Waals jun., Kon. Acad. v. Wet. Amsterdam **5**, 248, 1896/97; M. Reinganum, Inaug.-Dissert., Göttingen 1899; K. Meyer, Schriften d. Königl. Dän. Akad. d. Wissenschaften, 6. Reihe math.-naturw. Abt., **9**, 3, 1889.

fallens auch in der Weise interpretiert wird, daß man sagt, es muß $\mathfrak{p}_1 - \mathfrak{p}_2$ klein sein zum Mittelwert von $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$, dabei sind $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ die zur selben reduzierten Temperatur $\mathfrak{t}$ gehörigen reduzierten Dampfdrucke zweier verschiedener Stoffe. Nun ist nach dem allgemeinen Verlauf der reduzierten Dampfdruckkurven ganz selbstverständlich, daß, wenn zwei von ihnen im ersten Sinn sich in ihrem ganzen Verlauf nahezu decken, die andere Bedeutung dieses Begriffs für sie nur für Werte von $\mathfrak{p}$, die größer sind als etwa 0,07, gültig sein kann, für die meisten Substanzen dürfte dies aber doch der größte Teil der bis jetzt beobachteten Dampfdruckkurven sein. Im Gegensatz zu verschiedentlich vertretenen Ansichten läßt sich also für Stoffe, die miteinander korrespondieren, die Dampfspannkurve des einen aus der eines anderen auf Grund des Gesetzes der übereinstimmenden Grenzkurve genähert ableiten, allerdings muß man dabei die Gegend der sehr kleinen Drucke ausschließen. Zum Beweis braucht man nur die Werte von $\mathfrak{p}$, $\mathfrak{t}$ für die in Betracht kommenden Körper in die Figur einzutragen.

Die einatomigen Stoffe, Argon, Krypton, Xenon und Quecksilber sind zuerst von mir[1]) in bezug auf ihr Verhalten zum Gesetz der korrespondierenden Zustände untersucht. Es ergab sich, daß die reduzierten Dampfdruckkurven für diese Substanzen beträchtlich von denen für Äther, Fluorbenzol und der damit übereinstimmenden Körper abweichen und zweitens, daß die $\mathfrak{p}\mathfrak{t}$-Linien und wahrscheinlich auch die reduzierten Isothermen für die genannten einatomigen Körper sich genähert decken. Man erkennt das über die $\mathfrak{p}\mathfrak{t}$-Linien Gesagte aus der Figur, in welcher die reduzierten Dampfspannkurven für Argon, Krypton und Xenon gezeichnet sind, die beiden letzten fallen vollständig zusammen. Mit Benutzung der von mir berechneten kritischen Daten für Quecksilber fällt seine $\mathfrak{p}\mathfrak{t}$-Kurve zwischen die von Argon und Krypton. Ich habe stets behauptet, daß diese Linien sich nur genähert decken uud diese Tatsache läßt sich, wie ein Blick auf die Figur lehrt, nicht bestreiten, was in einer sonst vortrefflichen Arbeit von Nernst geschah. Aus der Figur geht ferner hervor, daß sich auch die $\mathfrak{p}\mathfrak{t}$-Kurve einer der betreffenden einatomigen Stoffe aus derjenigen eines anderen berechnen läßt, falls man von der Gegend der sehr kleinen Drucke absieht.

Es sei noch erwähnt, daß R. Schmidt[2]) kürzlich zu dem Resultat kam, daß Xenon kein einheitlicher Stoff, sondern ein Gemisch zweier oder mehrerer Substanzen sei. Im ersten Augenblick scheint dies ein Widerspruch mit den Beobachtungen von Ramsay und Travers zu sein, welche die Dampfdruckkurve und den kritischen Zustand von Xenon untersuchten und fanden, daß es sich wie ein einfacher Körper verhalte und nicht wie ein Gemenge, das sich ja zufolge der durch die Beobachtungen von Kamerlingh Onnes und anderen bestätigten van der Waalsschen Theorie[1]) im allgemeinen anders verhält. Es ist indessen vom Standpunkt der Theorie nicht ausgeschlossen, daß ein Gemisch nur sehr geringe oder gar keine Abweichungen in seinem thermischen Verhalten von dem eines einfachen Stoffes zeigt und daher kann vorläufig kein Widerspruch konstatiert werden. Sollte Xenon tatsächlich ein Gemisch sein, so würde es natürlich doch mit Argon etc. übereinstimmen, denn nicht nur die Dampfdruckkurve, sondern auch die Isothermen dieser Substanzen korrespondieren. Jedenfalls stehen die Untersuchungen von Schmidt nicht im Widerspruch mit meinen Ansichten.

Wir wenden uns nun zu den zweiatomigen Stoffen. Nach den Untersuchungen von Amagat, Raveau und Kamerlingh Onnes darf man wohl schließen, daß wenigstens für hohe reduzierte Temperaturen, etwas oberhalb des kritischen Punktes, die reduzierten Isothermen für manchen dieser Körper genähert zusammenfallen mit denen für Kohlensäure, Äther etc. Unterhalb des kritischen Punktes liegt über das Verhalten der zweiatomigen Substanzen zum Gesetz der übereinstimmenden Zustände nur wenig vor. In nachstehenden Tabellen habe ich für mehrere dieser Stoffe einige Punkte der reduzierten Dampfdruckkurve berechnet. Trägt man diese Wertepaare $\mathfrak{p}$, $\mathfrak{t}$ in die Figur ein, so findet man, daß die $\mathfrak{p}\mathfrak{t}$-Linie der untersuchten zweiatomigen Körper zwischen diejenige der genannten einatomigen Substanzen und die der mehratomigen Stoffe fällt, welche mit Fluorbenzol korrespondieren.

Kohlenoxyd[2])		Sauerstoff[3])		Stickstoff[4])	
$p_k = 35{,}5$ Atm.		$p_k = 50{,}8$ Atm.		$p_k = 35$ Atm.	
$T_k = 133{,}5^0$		$T_k = 154{,}2^0$		$T_k = 127^0$	
$\mathfrak{t}$	$\mathfrak{p}$	$\mathfrak{t}$	$\mathfrak{p}$	$\mathfrak{t}$	$\mathfrak{p}$
0,600	0,0229	0,594	0,020	0,606	0,0270
0,636	0,0395	0,694	0,084	0,622	0,0341
0,675	0,0640	0,788	0,202	0,654	0,0521
0,754	0,130	0,820	0,270	0,670	0,0641
0,786	0,177	0,925	0,642	0,685	0,0775
0,880	0,418	0,935	0,677	0,701	0,0928
0,906	0,510	0,948	0,750	0,717	0,1097
0,930	0,606				
0,957	0,725				

1) H. Happel, Ann. d. Physik **13**, 340, 1904 u. **21**, 342, 1906.

2) R. Schmidt, Berichte der Deutschen Physik. Gesellschaft **4**, 277, 1906.

1) J. D. v. d. Waals, Kontinuität des gasf. u. flüssigen Zustandes. II. Teil. 1900.

2) Nach Baly und Donnan (von $\mathfrak{t} = 0{,}600$ bis $\mathfrak{t} = 0{,}675$ inkl.), Journal of the chem. S. Transactions, Vol. LXXXI, Part. II, S. 907, 1902, und Olszewski, Compt. rend. **99**, 706, 1884.

3) Nach Olszewski, Compt. rend. **100**, 351, 1885.

4) Nach Baly, Phil. Mag. **49**, 517, 1900.

Chlorwasserstoff[1])
$p_k = 86$ Atm.
$T_k = 324,4$

t	p
0,854	0,346
0,870	0,394
0,885	0,439
0,898	0,486
0,925	0,594

Die obigen zweiatomigen Stoffe und wahrscheinlich die meisten dieser Körper nehmen also, was die reduzierte Dampfdruckkurve anbelangt, eine Mittelstellung ein zwischen den Substanzen der Argon- und denjenigen der Fluorbenzolgruppe. Dies Resultat ist von vornherein nicht selbstverständlich, denn da selbst die dreiatomige Kohlensäure mit Fluorbenzol korrespondiert, so wäre es von vornherein sehr wohl denkbar, daß das gleiche auch von Kohlenoxyd, Sauerstoff etc. gilt, zumal oberhalb des kritischen Punktes für einige zweiatomige Substanzen gezeigt ist, daß sie mit Kohlensäure korrespondieren. Untereinander zeigen die pt-Kurven der obigen zweiatomigen Körper Abweichungen, die nicht ganz unbeträchtlich sind, sie fallen daher nur in roher Annäherung zusammen, es ist indessen zurzeit wohl unmöglich, mit Sicherheit festzustellen, wieweit diese Differenzen wirklich vorhanden sind, wieweit sie von Beobachtungsfehlern herrühren. Übrigens fallen die nur mit Benutzung der neuesten Messungen konstruierten pt-Kurven recht gut, selbst bei kleinen Drucken, zusammen, es kommen hier nur die Beobachtungen von Baly und Donnan mit CO und die von Baly allein bei N in Betracht. Wie kürzlich von anderer Seite hervorgehoben wurde, soll für Wasserstoff die pt-Kurve noch oberhalb der für Argon liegen. Im Grunde genommen widerspricht es keineswegs dem oben Gesagten, wenn diese Substanz ein so ganz exzeptionelles Verhalten zeigen sollte. Es scheint mir indessen vorläufig unmöglich, auch nur mit einiger Sicherheit den Verlauf der pt-Kurve für Wasserstoff anzugeben, denn da für ihn die kritischen Konstanten so außerordentlich klein sind, so macht eine Unsicherheit in nur wenigen Graden bezw. Atmosphären schon sehr viel aus.

Noch in einer anderen Hinsicht nehmen, wie wir jetzt zeigen wollen, die obigen zweiatomigen Substanzen eine Mittelstellung ein zwischen den ein- und den mit Fluorbenzol übereinstimmenden mehratomigen Körpern. Bekanntlich muß für alle miteinander korrespondierenden Stoffe $\frac{R T_k}{p_k v_k}$ nahezu denselben Wert haben (v_k = spezifisches kritisches Volumen, $R = \frac{83,13 \cdot 10^6}{m}$, wobei m das Molekulargewicht bedeutet). Werden p_k und v_k im absoluten Maßsystem gemessen, so ergibt sich, wie bekannt, bei den Körpern der Fluorbenzolgruppe für $\frac{R T_k}{p_k v_k}$ ein Wert, der nahe $= 3,75$ [1]) ist. Für die Substanzen der Argongruppe sind zwar $p_k T_k$ und R beobachtet, v_k dagegen ist noch nicht experimentell bestimmt, aber aus der von Boltzmann und anderen verbesserten van der Waalsschen Gleichung, von der ich[2]) zeigte, daß sie für Argon etc. mit großer Annäherung gilt, berechnete ich für v_k den Wert 2,140, woraus $\frac{R T_k}{p_k v_k} = 2,86$ folgt. Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, zuzusehen, welcher Wert sich für v_k auf Grund des Gesetzes vom geradlinigen Diameter ergibt, wonach bekanntlich $\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} = aT + b$ ist (v_1 = spezifisches Volumen des gesättigten Dampfes, v_2 = dasjenige der damit koexistierenden flüssigen Phase, beide Größen sind auf die absolute Temperatur T zu beziehen; a und b sind Konstanten). Die Werte für v_2 sind für verschiedene Temperaturen von Baly und Donnan[3]) experimentell bestimmt, die für v_1 habe ich mittels des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes und der von Ramsay und Travers ermittelten Dampfdrucke berechnet. Es mag sein, daß sich so nur ein genäherter Wert für v_1 ergibt, das genügt aber für unsere Zwecke wegen der Kleinheit von $\frac{1}{v_1}$. Für v_k erhielt ich $v_k = 1,98 \frac{\text{ccm}}{\text{g}}$, woraus $\frac{T_k R}{p_k v_k} = 3,09$ folgt, was ziemlich gut mit der vorhin in ganz anderer Weise erhaltenen Zahl übereinstimmt. Der eben berechnete Wert für v_k ist allerdings insofern mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, als die Beobachtungen von Baly und Donnan sich auf kein großes Temperaturintervall erstrecken und außerdem dem Diameter nach den Untersuchungen von S. Young eine allerdings nur kleine Krümmung zukommt.

In derselben Weise wie für Argon habe ich nach dem Gesetz vom geradlinigen Diameter jedoch mit Berücksichtigung der Krümmung dieser Linie auch für diejenigen zweiatomigen Stoffe, für welche Baly und Donnan ebenfalls v_2 bestimmt haben, v_k und $\frac{R T_k}{p_k v_k}$ berechnet. Die

1) Nach Ansdell, Chem. News **41**, 75, 1880.

1) Siehe C. Dieterici, Wied. Ann. **69**, 685, 1899.
2) H. Happel, Ann. d. Phys. **21**, 342, 1906.
3) E. C. C. Baly und F. G. Donnan, Journal of the chem. Soc. Transactions, Vol. LXXXI, II. Part., S. 907, 1902.

Resultate findet man in der nachstehenden Tabelle:

	$v.\ \frac{\text{ccm}}{\text{g}}$	$\frac{RT_k}{p_k v_k}$
Kohlenoxyd .	3,28	3,36
Sauerstoff . .	2,31	3,36
Stickstoff . .	3,17	3,35

Man erkennt, daß der Wert der Größe $\frac{RT_k}{p_k v_k}$ für die genannten Substanzen und wahrscheinlich für die meisten zweiatomigen Körper zwischen den Werten liegt, den $\frac{RT_k}{p_k v_k}$ für die Stoffe der Argongruppe und diejenigen der Fluorbenzolgruppe hat.

Kürzlich wurde die Behauptung aufgestellt, daß die reduzierten Dampfdruckkurven der verschiedenen Substanzen sich nach der Größe des Molekulargewichts und der Anzahl der Atome im Molekül anordnen. Obwohl nach dem Gesetz der korrespondierenden Grenzkurve es nicht einmal ausgeschlossen ist, daß die kleinen Abweichungen, die bei Stoffen, die miteinander übereinstimmen, auftreten, durch die Zahl der Atome und die Größe des Molekulargewichts bedingt sind, so möchte ich doch darauf hinweisen, daß dieser Satz zum mindesten nicht ausnahmslos gilt. Wenn ich den betreffenden Autor recht verstehe, so müßte nach seiner Ansicht z. B. bei den zwei dreiatomigen Körpern, Schwefelkohlenstoff und Kohlensäure, die pt-Kurve für ersteren unterhalb derjenigen für den letzteren verlaufen, in Wirklichkeit ist aber gerade das Umgekehrte der Fall. Auch bei den Kurven für Stickstoff und Kohlenoxyd trifft die Regel nicht zu. Das gleiche gilt für Äthyl- und Propylalkohol, von denen ich früher zeigte, daß sie untereinander korrespondieren.

Das Verhalten der ein- und zweiatomigen Substanzen zum Gesetz der übereinstimmenden Grenzkurve und auch die Tatsache, daß Körper, wie Fluorbenzol und Äther nicht genau miteinander korrespondieren, ist vom Standpunkt der kinetischen Theorie sehr plausibel; denn zwei verschiedene Stoffe können nur dann dem betreffenden Gesetze genau gehorchen, wenn die Moleküle beider geometrisch ähnliche Gestalt haben und wenn die Kräfte zwischen den Molekülen bei beiden gewissen Bedingungen genügen.[1] Selbst, daß Argon und Krypton kleine Abweichungen in ihrem Verhalten zeigen, erklärt sich ungezwungen daraus, daß der innere Bau der Atome bei beiden Verschiedenheiten aufweist und infolgedessen die Kräfte zwischen den Molekülen wohl nicht genau in der geforderten Beziehung zueinander stehen. Allerdings sollte man vermuten, daß die Unterschiede bei zwei einatomigen oder zwei zweiatomigen Körpern kleiner seien, als die bei zwei zur Fluorbenzolgruppe gehörigen Substanzen. Ob die Erfahrung dies bestätigt oder nicht, läßt sich vorläufig wegen Mangel an guten Beobachtungen wohl kaum entscheiden. Der Umstand, daß Kohlensäure und Schwefelkohlenstoff beträchtliche Abweichungen zeigen, könnte vielleicht dadurch erklärt werden, daß die Gruppierung der 3 Atome im Molekül[1]) im einen und anderen Fall verschieden ist, übrigens ist es vielleicht nicht ausgeschlossen, daß bei Schwefelkohlenstoff die Moleküle teilweise dissoziiert sind.

Zum Schluß weise ich noch darauf hin, daß die bekannten z. B. in der Theoretischen Chemie von Nernst zusammengestellten Kriterien zur Entscheidung der Frage, ob das Molekulargewicht einer Substanz im flüssigen Zustand ebenso groß ist, wie im ideal gasförmigen, im Grunde genommen darauf hinauskommen, daß man sagt: ein drei- oder noch mehratomiger Körper — von den ein- und zweiatomigen wollen wir vorläufig absehen — hat überall das gleiche Molekulargewicht, falls er mit Fluorbenzol oder Äther etc. korrespondiert. Man erkennt dies ohne Mühe auf Grund der Betrachtungen von Kamerlingh Onnes[2]) in seiner allgemeinen Theorie der Flüssigkeiten. Das angegebene Kriterium verliert aber dadurch sehr viel von seiner Wichtigkeit, daß bei ihm die stillschweigende, bis jetzt noch nicht bewiesene, wenn auch nicht unplausible Voraussetzung gemacht wird, daß der Bezugskörper, also Fluorbenzol bezw. Äther selbst normal ist, d. h. daß bei ihm keine Dissoziationen bezw. Assoziationen vorkommen. Ob ein drei- oder noch mehratomiger Stoff, der nicht mit Fluorbenzol übereinstimmt, unter allen Umständen anomal ist, will ich nicht erörtern.

Analog wie eben folgt, daß auch eine zweiatomige bezw. eine einatomige Substanz dann überall das gleiche Molekulargewicht hat, falls sie mit Sauerstoff bezw. Argon korrespondiert. Natürlich ist auch dies nur dann richtig, falls diese beiden Körper, Sauerstoff und Argon, normal sind. Bei Argon ist dies so gut wie sicher; denn, wie ich zeigte, ist hier die von Boltzmann verbesserte van der Waalssche Gleichung selbst noch für den flüssigen Zustand gültig, und der Ableitung dieser Formel liegt die Voraussetzung zugrunde, daß das Molekulargewicht stets das gleiche ist.

1) Siehe H. Kamerlingh Onnes, Archives néerlandaises d. sciences exactes et naturelles, **30**, 101, 1881.

1) J. D. van d. Waals, De toestandsvergelijking en de theorie der cyklische beweging II. Academie v. Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de gew. vergadering d. wis- en natuurk. af deeling, S. 614, 1901.

2) H. Kamerlingh Onnes, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles **30**, 101, 1881.

Zu den Kriterien, die zur Entscheidung der aufgeworfenen Frage dienen, gehört unter anderem auch die Regel von Eötvös. Wie ich[1]) in einer früheren Arbeit erwähnte, folgt aus den Betrachtungen von Kamerlingh Onnes, daß für alle miteinander korrespondierenden Körper $\frac{d\gamma(mv)^{\frac{2}{3}}}{dT}$ (γ = Oberflächenenergie, m = Molekulargewicht, v = spezifisches Volumen; alle drei Größen sind auf die reduzierte Temperatur t zu beziehen) eine universelle Funktion der reduzierten Temperatur sein muß, und die Erfahrung lehrt, daß diese genähert gleich einer Konstanten k ist. Der so erhaltene Satz ist im wesentlichen identisch mit der Regel von Eötvös. Es ist dabei von vornherein zwar nicht sicher, aber doch plausibel, daß für Stoffe wie z. B. Argon und Äther, die nicht miteinander korrespondieren, aber beide normal sind (von Äther wird dies wenigstens allgemein angenommen, von Argon ist es bewiesen), k verschiedene Werte hat. Die Beobachtungen von Baly und Donnan haben dies bestätigt. Man darf aber nicht, was kürzlich geschah, in der Formel $\frac{d\gamma(mv)^{\frac{2}{3}}}{dT} = k$ für k den Wert einsetzen, der bei Äther und den damit übereinstimmenden Stoffen gültig ist und die Beziehung dann auf Argon anwenden, um das Molekulargewicht für diesen Körper daraus zu berechnen.

1) H. Happel, diese Zeitschr. 6, 389, 1905.

(Eingegangen 1. März 1907.)

Über stationäre Wellen in Gasstrahlen.

Von Theodor Kármán.

Herr Prof. L. Prandtl hat in einem Aufsatze „Über die stationären Wellen in einem Gasstrahl" (diese Zeitschrift 5, 599, 1904) gezeigt, daß in einem Gasstrahle, dessen Geschwindigkeit die Schallgeschwindigkeit überschreitet, stationäre Wellen bestehen können; er hat auch die Wellenlänge für Strahlen mit kreisförmigem Querschnitt — unter der Annahme kleiner Amplituden — berechnet. Diese Betrachtung läßt sich nun allgemeiner durchführen, falls man in die Eulerschen Bewegungsgleichungen die Bedingung einführt, daß die Störungen gegenüber der mittleren Geschwindigkeit des Strahles klein sind.

Unter dieser Voraussetzung kann man für die Geschwindigkeitskomponente in der Richtung der X-Achse $U + u$ schreiben, wo U eine Konstante — die mittlere Strahlgeschwindigkeit, deren Richtung in die der X-Achse fallen soll —, u dagegen den veränderlichen Teil der Geschwindigkeit bedeutet. Dieser Zusatzteil u, sowie die Geschwindigkeitskomponenten v und w in der Richtung der Y- und Z-Achsen sollen als klein erster Ordnung gegen U betrachtet werden. Alsdann lassen sich die Eulerschen Gleichungen der Bewegung für eine reibungslose Flüssigkeit in folgender einfachen Form schreiben

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + U\frac{\partial u}{\partial x} &= -\frac{dp}{d\varrho}\frac{\partial}{\partial x}\ln\cdot\varrho \\ \frac{\partial v}{\partial t} + U\frac{\partial v}{\partial x} &= -\frac{dp}{d\varrho}\frac{\partial}{\partial y}\ln\cdot\varrho \\ \frac{\partial w}{\partial t} + U\frac{\partial w}{\partial x} &= -\frac{dp}{d\varrho}\frac{\partial}{\partial z}\ln\cdot\varrho \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

wo ϱ die Dichte und p den Druck bedeutet. Dabei soll $\frac{dp}{d\varrho}$ für kleine Änderungen von ϱ als eine Konstante betrachtet werden; sie ist gleich dem Quadrate der Schallgeschwindigkeit c entsprechend einer mittleren Dichte ϱ_0.

Die Kontinuitätsgleichung lautet mit denselben Vernachlässigungen

$$\frac{\partial}{\partial t}\ln\varrho + U\frac{\partial}{\partial x}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

Aus den beiden Gleichungen erhält man die lineare Differentialgleichung für $l\cdot\varrho$

$$\left.\begin{aligned} \left(\frac{\partial}{\partial t} + U\frac{\partial}{\partial x}\right)^2 \ln\varrho = c^2\Big(\frac{\partial^2}{\partial x^2}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\ln\cdot\varrho + \\ + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\ln\cdot\varrho\Big). \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Es ist klar, daß die Gleichung (3) aus der gewöhnlichen Wellengleichung (für infinitesimale Bewegungen) hervorgeht, wenn man $\frac{\partial}{\partial t} + U\frac{\partial}{\partial x}$ statt $\frac{\partial}{\partial t}$ setzt. Für stationäre Bewegungszustände hat man darnach

$$U^2\frac{\partial^2}{\partial x^2}\ln\cdot\varrho = c^2\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\ln\cdot\varrho\right)$$

oder

$$\left(1 - \frac{U^2}{c^2}\right)\frac{\partial^2}{\partial x^2}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\ln\cdot\varrho + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\ln\cdot\varrho = 0 \quad (4)$$

Gleichung (4) gibt nun die Verteilung der Dichte im Innern des in der x-Richtung unendlich ausgedehnt gedachten Strahles an, wenn man noch gewisse Grenzbedingungen erfüllt. Insbesondere hat man, falls der Strahl sich frei in der Luft bewegt, als Grenzbedingung für die Punkte an der Randkurve des Strahlquerschnittes ϱ = const; streng genommen sind die Randkurven der einzelnen Querschnitte verschieden und im voraus nicht bekannt, da sie aber nur sehr wenig von der

ursprünglichen Berandung des Querschnittes abweichen, können sie in bezug auf die Randbedingungen durch die letzteren ersetzt werden. Für einen Strahl, der sich in einem zylindrischen Rohre bewegt, gilt ganz streng $\frac{\partial \varrho}{\partial n} = 0$.

Die Gleichung (4) hat nun einen ganz anderen Charakter, falls $U < c$ oder $U > c$.

a) Ist $U < c$, so hat die Gleichung (4) — da unendliche Werte für ϱ naturgemäß ausgeschlossen sind — die einzige Lösung $\varrho = \text{const}$, welche den Randbedingungen genügt. Somit ist die geradlinige, gleichförmige Bewegung — unter den vorausgesetzten Verhältnissen — die einzige stationäre Bewegungsform.

b) Im entgegengesetzten Falle $U > c$ wird die Gleichung (4) analog der Gleichung der schwingenden Membran und man schließt daraus, daß sie immer eine Reihe von Lösungen zuläßt, welche periodisch in bezug auf x sind. Man kann auch die Wellenlängen — wenigstens für die einfachsten Querschnittsformen — erhalten, indem man die Ausdrücke für die Schwingungszahlen einer gespannten Membran benützt.

Man erhält allgemein für die Wellenlängen

$$\lambda = \alpha \sqrt{\frac{U^2}{c^2} - 1}$$

wo α nur von der Form des Querschnittes abhängt. Insbesondere hat man, falls wir uns auf den Fall des freien Strahles beschränken:

1. Für rechteckige Querschnitte mit den Seitenlängen a und b

$$\lambda = \frac{2}{\sqrt{\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2}}} \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1},$$

wo m und n ganze Zahlen sind. Ist $a = b$, also für einen quadratförmigen Querschnitt, hat man

$$\lambda = \frac{2a}{\sqrt{m^2 + n^2}} \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1}$$

und ist $a = \infty$, falls also der Strahl z. B. aus einem unendlich langen Schlitz von der Breite b ausfließt,

$$\lambda = \frac{2b}{n} \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1}.$$

2. Für kreisförmige Querschnitte, mit dem Durchmesser d, erhält man

$$\lambda = \frac{d\pi}{x_\varkappa} \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1},$$

wo die $x_\varkappa$ die Wurzeln der Gleichung $J_0(x) = 0$ bedeuten, ($J_0(x)$ bezeichnet die Besselsche Funktion von der Ordnung 0).

Für die größten Wellenlängen (die etwa den Grundtönen der betreffenden Membrane entsprechen) ergeben sich die Werte:

$$\lambda_m = 1{,}414\, a \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1}$$

für das Quadrat von der Seite a,

$$\lambda_m = 2b \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1} \text{ [1]}$$

für den unendlichen Schlitz von der Breite b,

$$\lambda_m = 1{,}307\, d \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1} \text{ [1]}$$

für den Kreis vom Durchmesser d.

In dem Falle, wenn der Strahl sich in einem zylindrischen Rohre bewegt, erhält man für die rechteckigen Querschnitte dieselben Werte; dagegen für den Kreis

$$\lambda_m = 1{,}707\, d \sqrt{\left(\frac{U}{c}\right)^2 - 1},$$

da in diesem Falle die Maximalstellen der Besselschen Funktion 1. Ordnung in Betracht kommen.

Schließlich möchte ich nur eine Bemerkung über die nichtstationären Vorgänge in dem mit Überschallgeschwindigkeit sich bewegenden Strahle hinzufügen. Lord Rayleigh zeigt in sehr einfacher Weise [2]), daß alle erzwungenen Schwingungen im Innern eines zylindrischen Rohres in einem hinreichenden Abstande von ihrem Ursprunge annähernd eben werden, falls die erzwungene Schwingung tiefer ist, wie die tiefste der natürlichen Transversalschwingungen. Dies gilt nur, falls die Luft ursprünglich ruhte. In unserem Falle, wenn die Luft sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegt, kann es im Gegenteil leicht gezeigt werden, daß die Wellen mit wachsendem x sich nicht der ebenen Form annähern, sondern periodisch in bezug auf x bleiben.

Zu diesem Zwecke setzen wir für $\ln \cdot \varrho$

$$\ln \cdot \varrho = \varphi(y, z)\, e^{i\alpha t + i\beta x},$$

wo wir für α voraussetzen, daß es reell ist, β dagegen auch komplex sein kann. Somit hat man nach Gleichung (3)

$$c^2\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right) = [c^2\beta^2 - (\alpha + U\beta)^2]\, \varphi. \quad (5)$$

Sind die natürlichen Transversalschwingungen der Luftsäule durch die Formel

$$\ln \cdot \varrho = \Psi(y, z)\, e^{i\nu t}$$

bestimmt, so befriedigen die Funktionen $\psi(y, z)$ die Gleichung (5) und die Randbedingung $\frac{\partial \varrho}{\partial n} = 0$, falls wir setzen

$$\nu^2 = (\alpha + U\beta)^2 - c^2\beta^2$$

1) Die beiden Resultate sind in dem erwähnten Aufsatze des Herrn Prof. Prandtl enthalten.

2) Theorie des Schalles, deutsch von Dr. F. Neesen, 1880, II., S. 190 u. ff.

oder

$$\beta^2 (U^2 - c^2) + 2 \alpha U \beta + \alpha^2 \nu^2 = 0 .$$

Man erhält daraus für β folgenden Ausdruck

$$\beta = \frac{-\alpha U}{U^2 - c^2} \pm \frac{\sqrt{\alpha^2 c^2 + (U^2 - c^2) \nu^2}}{U^2 - c^2} ,$$

woraus man schließen kann, daß — falls $U > c$ — β für alle reellen Werte von α und ν reell ausfällt.

Für $\alpha = 0$, also für den stationären Bewegungszustand, haben wir

$$\beta = \frac{\pm \nu}{\sqrt{U^2 - c^2}} .$$

Man dürfte sich daher die stationären Wellen etwa in solcher Weise vorstellen, daß man sich die natürlichen Transversalschwingungen der ruhenden Luftsäule nach der x-Richtung entfaltet denkt.

(Eingegangen 24. Februar 1907.)

Vorschläge zur Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten für Physik.

Von K. T. Fischer.

I. Als ich vor zwei Jahren von hochgeschätzter Seite aufgefordert wurde, mit Vorschlägen zur Hochschulausbildung künftiger Physiklehrer eine eingehendere Besprechung dieser von F. Klein[1]) angeschnittenen Frage zu fördern, glaubte ich dieses ablehnen zu müssen, da eine wirkliche Förderung der Angelegenheit in erster Linie von den Ordinarien und Vorständen der physikalischen Institute abhängt. Da aber neuerdings die von der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzte Unterrichtskommission an mich mit der gleichen ehrenden Aufforderung herangetreten ist, und ferner bereits einige Aufsätze zu dem Thema erschienen sind, glaube ich mit meiner Meinung nicht länger zurückhalten zu dürfen. Meine Versuche, durch genaue Berichte[2]) über die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes zur prinzipiellen Verbesserung unseres Elementar-Physikunterrichts durch Schülerübungen nach Möglichkeit beizutragen, haben mich selbstverständlich in erster Linie auf die Frage der bestmöglichen Vorbereitung der Lehrer geführt; denn die Lehrer sind und bleiben die Seele des Unterrichts, und Methode und Apparate müssen durch sie Leben und Wirkung auf den Schüler erhalten.

Meine ursprüngliche Absicht, durch Abhaltung eines besonderen physikalischen Praktikums für Lehramtskandidaten, von dem unten die Rede sein wird, auch durch die Tat etwas zu leisten, habe ich leider nur einmal und nur unter erschwerenden Umständen im Sommersemester 1899 ausführen können, da in unserem Institute für derartige besondere Übungen die Räume fehlen. Meine Erfahrungen in praktischen Übungen, welche speziell den Interessen der Lehramtskandidaten dienen, sind daher nicht so reich, wie die der Herren W. Kaufmann, der in Göttingen spezielle Übungen für Lehramtskandidaten einrichtete, oder der Herren Konen und Bose, K. Schreber[1]) und R. Börnstein[2]); ich habe auch nicht die langjährige Erfahrung E. Wiedemanns[3]) im akademischen Unterricht, aber ich bin während der 14 Jahre, in denen ich als Assistent in dem von Lehramtskandidaten stark besuchten physikalischen Praktikum unserer Hochschule tätig war, in lebhaftem und offenerem Gedankenaustausch mit Studierenden meines Faches gestanden und kenne infolge engen Verkehrs mit Kollegen an der Mittelschule, sowie infolge meiner ausgedehnten Studienreisen nach England und Amerika recht gut die Schmerzen derer, welche sich für das Lehramt für Physik und Mathematik vorbereiten und derer, welche bereits seit längerer Zeit im Unterricht tätig sind, und so bin auch ich vielleicht in der Lage zur gegenwärtig zur Diskussion stehenden Frage der Hochschulausbildung der Lehrer zu dem vielen Guten, was die genannten Herren vorgebracht haben, einiges hinzuzufügen.

II. In mancher Beziehung scheint mir die Frage der Hochschulausbildung der künftigen Physiklehrer klarer beantwortbar zu sein, als es nach dem im Auftrag der Unterrichtskommission erstatteten Berichte von Carl Chun[4]) „Probleme des biologischen Hochschulunterrichtes" und von C. Duisberg[5]) über den „Chemischen Unterricht in der Schule und der Hochschulunterricht für die Lehrer der Chemie", bezüglich der Biologie und Chemie der Fall ist. Ich werde mir daher erlauben, ganz bestimmte

1) F. Klein, Probleme des mathematisch-physikalischen Hochschulunterrichtes. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung, 14. Band.

2) K. T. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht in England, insbesondere in Physik und Chemie. Leipzig, B. G. Teubner. 1901, 94 S. — Der naturwissenschaftliche Unterricht bei uns und im Ausland, Heft 3 der Abhandl. zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften. Berlin, J. Springer. 1905. 72 S. Quart. — Ziele und Wege des naturwissenschaftlichen Unterrichtes. Natur und Kultur. 3. Jahrgang. 1905/06.

1) K. Schreber, Zum Unterricht in der Experimentalphysik auf den Universitäten. Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 19, 213—215, 1906.

2) R. Börnstein, Physikalische Unterrichtsübungen für künftige Lehrer. Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 19, 355 bis 356, 1906.

3) E. Wiedemann, Über den Hochschulunterricht für künftige Lehrer der Physik. Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 19, 265—271, 1906.

4) Natur und Schule. 5. Band. 1906. S. 8.

5) Leipzig, O. Spamer. 1906. 48 S.

Vorschläge zu formulieren, um eine bestimmte Grundlage für eine Diskussion seitens aller beteiligten Hochschul- und Mittelschulkreise anzubieten.

1. Bedürfnis einer Verbesserung der Vorbereitung der Lehramtskandidaten auf der Hochschule. Schon ehe die Vorschläge der Unterrichtskommission[1]) als dritten Grundsatz aussprachen: „für die physikalische Ausbildung der Schüler sind planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich", und ohne daß dieser Forderung schon Rechnung getragen wird, ist mehrfach öffentlich die Behauptung ausgesprochen worden, daß die Vorbildung unserer Lehramtskandidaten auf der Hochschule lückenhaft ist, weil in den physikalischen Übungen den Kandidaten fast nie Gelegenheit geboten ist, Demonstrationsversuche auszuführen oder selbst Versuchsanordnungen zusammenzustellen. J. Norrenberg, Hilfsarbeiter im preußischen Kultusministerium, spricht in seiner „Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands"[2])(S.64—65), von den „berechtigten Klagen über die mangelhafte Vorbildung naturwissenschaftlicher Lehrer" und erinnert an einen Erlaß vom 26. Juli 1876, in welchem die Unterrichtsverwaltung selbst feststellt, „daß die von der Universität kommenden Lehrer bei ausreichender theoretischer Vorbildung häufig nicht die erforderliche Bekanntschaft mit den physikalischen Lehrmitteln und die wünschenswerte Übung im Experimentieren mitbrächten". E. Grimsehl urteilt in dem Kapitel „Unterricht in Physik" des Handbuches für Lehrer höherer Schulen[3]), S. 541: „außer der wissenschaftlichen Ausbildung ist die praktische Ausbildung für den Lehrberuf von größter Wichtigkeit und zwar für den Physiklehrer insbesondere, damit er in den Stand gesetzt wird, der Forderung der Lehrpläne entsprechend, seinen Unterricht auf experimenteller Grundlage aufzubauen; die wissenschaftlichen Praktika der Hochschulen erfüllen diese Aufgabe nur in geringem Maße" und weist nur auf die von W. Kaufmann in Göttingen begonnenen und von E. Bose weitergeführten Kurse für Handfertigkeit als Ausnahmen hin. Herr Direktor A. Maurer in St. Johann-Saarbrücken sagt in seinem Aufsatze[4]): „Die Notwendigkeit einer besseren Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an höheren Schulen, mit besonderer Rücksicht auf Physik" (S. 377): „es fehlt an der rechten Ausbildung der großen Menge der Lehrer, von denen man durchgängig nicht soviel selbständiges Schaffen erwarten kann" (bezieht sich auf vereinzelte Versuche, den Unterricht zu heben, „weder kümmern sich die Universitäten ausreichend um die Unterrichtsbedürfnisse, noch ist bei den Schulbehörden in ihrer jetzigen Zusammensetzung bei allem guten Willen Verständnis genug für den Bildungswert der Naturwissenschaften und Kenntnis genug von ihrer Methode zu finden." . . . „Aber die Reform muß bei den Universitäten anfangen, wie dies auch schon von Hochschullehrern anerkannt wurde. . . . Tüchtige Menschen werden sich ja immer ihren eigenen Weg suchen, aber das schließt nicht aus, daß man den weniger erfinderischen und selbständigen Geist so ausbilden kann, daß er mit Selbstvertrauen in seinen Beruf zu gehen und von einem ersten Gelingen getragen weiter zu arbeiten vermag. Jetzt heißt es oft geradezu von vorne anfangen, wenn man von einer Universität kommt." Mündlich kann man ähnliche Äußerungen seitens der jüngeren Physiklehrer und seitens der Schulbehörden oft genug hören. Ihnen gegenüber scheint mir die Auffassung E. Wiedemanns (l. c.), daß der in Erlangen übliche Unterricht für künftige Lehrer, der sich wohl nicht viel von dem an anderen Hochschulen üblichen unterscheidet, hinreicht, etwas zu optimistisch zu sein.

Vollends ist aber die bisherige Vorbildung der Lehramtskandidaten unzureichend, wenn die so unentbehrlichen und in England und Amerika — vergleiche meine eingangs zitierten Schriften — allgemein eingeführten Schülerübungen an unseren Mittelschulen aufgenommen werden sollen, wie sie höchst erfreulicherweise endlich auch von weiteren Kreisen als ein wesentlicher Bestandteil jedes physikalischen Unterrichtes angesehen werden. „Ich behaupte, daß nicht 1% der Lehrer solche Übungen veranstalten kann," meinte Herr Oberrealschul-Direktor Bode[1]) bei der Eröffnung des letzten Frankfurter naturwissenschaftlichen Ferienkurses. „Dazu gehört Beherrschung des Faches und manuelle Geschicklichkeit, die uns nicht anerzogen sind. Wir müssen unser Augenmerk auf den Nachwuchs richten und sorgen, daß er dazu erzogen wird, so daß das ersehnte Ideal des Unterrichts nach und nach erreicht werden kann. Auch Hochschulprofessoren geben zu, daß die Ausbildung der Lehrer auf der Universität nicht hinreicht. Drude hatte die Absicht, einen Kursus in Berlin einzurichten, in dem die heranzubildenden Lehrer von Grund aus geübt wer-

1) Bericht der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte über ihre bisherige Tätigkeit. Sonderausgabe. Leipzig, F. C. W. Vogel. 1905. 57 S. S. 25—36.
2) Erschienen bei Teubner. 1904. 76 S.
3) Erschienen bei Teubner 1906.
4) Natur und Schule **5**, 377—385, 1906.

1) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. **19**, 389, 1906.

den sollten." Im persönlichen Gespräch haben mir verschiedene Ordinarien zugegeben, daß sie die bisherige Ausbildung der Lehramtskandidaten zu verbessern wünschen. Viele mögen gegenüber den größeren direkten Sorgen, welche die Verwaltung eines Institutes, die Befriedigung einer stets wachsenden Zuhörerschaft in der allgemeinen Vorlesung über Experimentalphysik, die Abhaltung der an großen Hochschulen überstark besuchten Praktika — an unserer Hochschule arbeiten bis zu 300 Praktikanten während eines Semesters — und aus anderen Gründen nicht die nötige Zeit und Lust für die besondere Frage der Lehramtskandidaten haben, Dozenten bringt zurzeit die für Lehramtskandidaten aufgewandte Mühe weniger Lorbeeren und Erfolg als die Durchführung und Veröffentlichung eigener Arbeiten, und so wird wohl nur an ganz vereinzelten Hochschulen den Bedürfnissen der Lehramtskandidaten ernstlich Rechnung getragen.

Um so mehr erscheint es angezeigt, in der Verbesserung des physikalischen Unterrichts den Schritt, der eigentlich der erste sein sollte und könnte[1]) zu tun und zu erwägen, wie die Lehrer für die schwierigen Neuforderungen zweckmäßig vorbereitet werden können, und zwar ist mit frischem Mut ein förmliches Programm zu entwerfen; denn ein klargestecktes Ziel führt uns sicherer auf dem richtigen Weg nach vorwärts, als der immer wieder nach rückwärts schauende Blick.

2. Die gegenwärtige Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten. An den Universitäten hört der künftige Physiker im ersten Studienjahr genau die gleiche Experimental-Vorlesung wie der Mediziner, Jurist, Pharmazeut, Chemiker und andere, an den technischen Hochschulen dieselbe Vorlesung wie der Ingenieur, Chemiker und Architekt — wenigstens bei uns in Bayern. Im zweiten Studienjahr beschäftigt er sich im „allgemeinen physikalischen Praktikum" nach Wiedemann-Ebert oder Kohlrausch mit der Ausführung von Messungen an fertigen und meist gut ausgeführten, oft sogar gebrauchsbereit aufgestellten Apparaten; an größeren Hochschulen machen es die heutigentags meist stark besuchten Praktika, trotz der wachsenden Assistentenzahl notwendig, daß die auszuführenden Versuche von den Assistenten so vorbereitet und zurecht gestellt werden, daß alles glatt läuft, damit der Betrieb nicht ins Stocken kommt. An kleineren Hochschulen mag dem Lehramtskandidaten mehr als an größeren Hochschulen wenigstens Zeit und die Möglichkeit geboten sein, Fehler zu machen und aus den Fehlern zu lernen, aber auch hier ist seine Tätigkeit in erster Linie Übung im Gebrauch von Meßapparaten. Was der Lehramtskandidat an Experimenten sieht und selbst ausführen kann, ist damit erschöpft. Nur in wenigen Fällen — z. B. auch in Erlangen[1]) — werden von Dozenten Experimental-Vorlesungen speziellerer Natur abgehalten; denn einerseits erfahren solche Experimentalvorlesungen eher Schwierigkeiten als Förderung seitens der Institutsvorstände, welche zugleich Konservatoren der Sammlungen sind, und andererseits erfordern Experimentalvorlesungen zuviel Vorbereitung, als daß ein Dozent der darauf angewiesen ist, durch Veröffentlichungen sich bekannt zu machen, außer bei sehr großer Liebe zur Sache, dafür viel übrig hat. Es bleibt sonach dem Studierenden in der Regel nur übrig, in Vorlesungen über theoretische Physik sein Wissen zu vertiefen; es fehlt ihm aber die Möglichkeit zu selbständiger praktischer Arbeit systematisch angeleitet zu werden, oder eine exaktere Experimentalphysik kennen zu lernen, die für die Studierenden der Medizin oder der Ingenieurwissenschaften nicht in gleichem Maße nötig ist, wie für den künftigen Physiker. In der sehr vollständigen Zusammenstellung über physikalische Laboratorien und Laboratoriumseinrichtungen von Boris Weinberg[2]) sind von solchen speziellen Übungen für Lehramtskandidaten nur jene erwähnt (S. 31), wie ich sie selbst als Privatdozent im Sommersemester 1899, leider nur einmal, an unserer Hochschule abhalten konnte und welche von den Lehramtskandidaten höchst begehrt waren; in denselben ließ ich einfache Versuchsanordnungen und einfache Apparate zusammenstellen, welche solcherlei Handfertigkeitsarbeiten in sich schließen, wie sie für die Vorbereitung von Demonstrationsvorträgen nötig sind.

An der Wiener[3]) Universität werden im Lehrauftrag 3 verschiedene fünfstündige Experimentalvorlesungen gehalten, darunter eine von F. Exner für Lehramtskandidaten und Fachstudenten, sowie ein eigenes sechsstündiges Praktikum für Lehramtskandidaten und ein sechsstündiges sog. Demonstrationspraktikum für Lehramtskandidaten, während die Mediziner und Naturhistoriker ein besonderes sechsstündiges physikalisches Praktikum besuchen. Von hohem Wert scheint mir für die rechte Durch-

1) Vergl. meine Ausführungen und Mitteilungen über mein in dem J. 1899 abgehaltenes Praktikum in dem Buche über den naturwissenschaftlichen Unterricht in England. S. 56—59.

1) Vgl. den zitierten Aufsatz von E. Wiedemann.

2) Boris Weinberg, L'enseignement pratique de la physique dans 200 laboratoires de l'Europe, de l'Amérique et de l'Australie. Odessa, Imprimerie „Economique". 1902.

3) Ich bin für nähere Mitteilungen hierüber den Herren von Schweidler und Stefan Meyer sehr zu Dank verpflichtet.

führung der Praktika die Bestimmung zu sein, daß in Wien nur 24 Praktikanten gleichzeitig arbeiten dürfen; denn der ganze Nutzen des Praktikums, der eine intimere Fühlung mit dem Leiter zur Voraussetzung hat, fällt fort, wenn schließlich, wie es namentlich an technischen Hochschulen oft vorkommt, über 100 Praktikanten gleichzeitig tätig sind. Seit diesem Wintersemester ist in Wien noch ein achtstündiges Praktikum eingeführt, das für jene bestimmt ist, welche schwierigere Messungen an feineren Apparaten ausführen wollen, um sich damit auf eine selbständige experimentelle Arbeit (Dissertation) vorzubereiten. In Göttingen hat W. Kaufmann[1]) im Wintersemester 1902/03 mit einem einmaligen Aufwand von 800 M. und einer jährlichen Summe von 300 M. ein Praktikum ins Leben gerufen, welches den künftigen Lehrern für Physik ermöglichen soll, alle jene manuellen Fertigkeiten sich anzueignen, welche für die Vorbereitung physikalischer Demonstrationen nötig sind. Soviel ich weiß, hielt Konen (jetzt in Münster) an der Universität Bonn, wohin Kaufmann 1903 übersiedelte, ein Lehramtskandidatenpraktikum nach Göttinger Muster ab. In Greifswald[2]) veranstaltet seit einigen Semestern Professor K. Schreber „Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate", in welchen die Kandidaten mit Benutzung der Apparate der physikalischen Sammlung Demonstrationsvorträge zu halten haben, und zwar trägt in jeder Stunde nur ein Herr vor; zur Vorbereitung erhält er 2 Wochen vor dem Vortragstermin sein Thema und von den von ihm gewünschten Apparaten werden ihm nur solche ausgehändigt, welche wohl auch an einer Mittelschule vorhanden sind. Der Zweck dieser Übungen ist also der, den Kandidaten möglichst direkt vor die gleiche Aufgabe zu stellen, welcher er sich später gegenüber gestellt sieht.

An der Berliner Universität leitet R. Börnstein[3]) „Physikalische Übungen für künftige Lehrer", die wöchentlich einmal am Nachmittag stattfinden. Er stellt den verschiedenen Teilnehmern gleichzeitig verschiedene experimentelle Aufgaben, welche unterrichtsgemäß zu behandeln sind, z. B. Oberflächenspannung, Schallerzeugung, Elektrolyse, Hertzsche Schwingungen usw.; zur Hilfe bei mechanischen Arbeiten steht der Mechaniker des Institutes zur Verfügung; auch selbstgebaute Apparate dürfen von den Praktikanten verwendet werden. Einer von den Herren erläutert dann in der vierten Stunde sein Thema experimentell und zwar nachdem er schon 2 Wochen vorher dasselbe erfahren hat.

1) Die physikalischen Institute der Universität Göttingen. B. G. Teubner. 1906. S. 67.

2) K. Schreber, Zum Unterricht in der Experimentalphysik auf den Universitäten. Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. **19**, 213—215, 1906.

3) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. **19**, 355—356, 1906.

E. Wiedemann[1]) spricht sich in seinem Aufsatz: „Über den Hochschulunterricht für künftige Lehrer der Physik" dahin aus, daß die Teilnahme am Anfängerpraktikum, die genauere Durchführung der Aufgaben, welche in Wiedemann-Eberts bekanntem Praktikumsbuch enthalten sind und die Ausführung einer wissenschaftlichen experimentellen Arbeit, die der preußischen Oberlehrerarbeit entspricht, den Kandidaten sicher befähigen, in allen Klassen der Mittelschule mathematischen und physikalischen Unterricht zu erteilen. Bei ihm findet kein besonderes Praktikum für Lehramtskandidaten statt, wohl aber läßt Wiedemann durch seinen Extraordinarius Vorlesungen abhalten, welche höher als die allgemeinen Vorlesungen und zum Teil von Experimenten begleitet sind und den Übergang zu rein theoretischen Vorlesungen vermitteln.

Ich selbst habe, wie schon erwähnt, im Sommersemester 1899 ein besonderes Praktikum für Lehramtskandidaten abgehalten. In einigen meiner Vorlesungen, welche nicht reine theoretische Physik behandelten, z. B. in jener über physikalische Grundbegriffe und Grundgesetze, das Ohmsche Gesetz und seine Erweiterungen, physikalische Grundlagen der Ionentheorie und über Schwingungen usw., habe ich eine Vertiefung und exakte Formulierung der in der „Allgemeinen Experimentalphysik" gegebenen Begriffe und Gesetze, zum Teil in Anlehnung an die historische Entwickelung zu fördern gestrebt.

E. Grimsehl[2]) äußert sich als Vertreter der Mittelschulinteressen zu den genannten drei Aufsätzen, betont, daß eine Verbesserung der Ausbildung der Lehramtskandidaten im Interesse der Mittelschule nötig wäre und daß der gegenwärtige Hochschulunterricht nicht befähige im Sinne der neueren Unterrichtsbewegung, die Schülerübungen prinzipiell fordert, Unterricht zu erteilen. „Die von den Hochschulen kommenden Kandidaten arbeiten noch vollständig in den alten Ideen des Unterrichts," sagt er l. c. S. 5. „Im günstigsten Fall unterrichtet er in den ersten Jahren so gut oder so schlecht, wie es früher sein eigener Lehrer getan hat." Hauptsächlich interessant an dem Grimsehlschen Aufsatz ist die Ansicht, daß die Hochschulen überhaupt nicht die Ausbildung des Lehramtskandidaten für den Lehrberuf in den Mittelpunkt stellen sollen, vielmehr die wissenschaftliche Aus- und Durchbildung zur Aufgabe haben; die Lücken, welche die Hoch-

1) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. **19**, 265—271, 1906.

2) Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. **20**, 1—6, 1907.

schulausbildung läßt, will Grimsehl in der Mittelschule, und zwar während eines praktischen Jahres, ausfüllen; die richtige Stelle für die Kurse, wie sie K. Schreber abhält, ist daher nach seiner Meinung prinzipiell die Mittelschule; nur solange die Mittelschulen die Lücke nicht ausfüllen können, hält Grimsehl ähnliche Kurse wie die Greifswalder auch an Universitäten für wünschenswert.

So wie die Dinge gegenwärtig liegen, ist offenbar der wichtigste Punkt der, daß eine Verbesserung des Mittelschulunterrichtes eine bessere Ausbildung der Lehrer unbedingt verlangt; zunächst muß sie also dort gegeben werden, wo sie gegeben werden kann und wo man sie geben will. Kümmert sich die Hochschule, wie es an manchen Stellen leider geschieht, nicht um die Frage, so bleibt nur die Mittelschule übrig; es fehlt auch sicher nicht an tüchtigen opferwilligen Kollegen an der Mittelschule, welche auch ohne Mitwirkung der Hochschule sich selbst ihre Nachfolger und Mitarbeiter erziehen können. Die Einrichtung von Fortbildungskursen für Mittelschullehrer, welche unter Leitung von Geh. Regierungsrat Vogel, einem der Vorkämpfer für die Schülerübungen an Mittelschulen, in Berlin abgehalten werden und an welchen auch H. Hahn mit Schülerübungen in Physik beteiligt ist, ist wohl auch diesem Bedürfnis entsprungen und schafft ihm eine gewisse Abhilfe.

III. Es scheint mir indessen richtig, die Frage der Ausbildung der künftigen Physiklehrer unabhängig von der momentanen, teils von Personen, teils infolge der geschichtlichen Entwicklung geschaffenen Strömung gründlich und selbst ohne Rücksicht auf die unmittelbaren Erfolge zu erwägen. Den ersten Punkt bildet die Frage:

Wie weit kann die Hochschule und wie weit kann die Mittelschule den künftigen Physiklehrer am zweckmäßigsten ausbilden?

Der Unterricht verlangt von einem Lehrer der Physik zweierlei: 1. wie jeder Unterricht die Fähigkeit, sich in die Seele des Schülers zu versenken und insbesondere zu beurteilen, in welcher Form diesem der Lehrgegenstand dargeboten werden muß, 2. muß der Lehrer selbst ein sicheres Wissen in seinem Fache haben und wenn er Naturwissenschaften unterrichtet, genaue Kenntnis über die Objekte seines Faches, in unserem Falle über die Apparate, Benutzung der Apparate, Bezugsquellen und eventuelle Nachbesserung gekaufter Apparate haben.

Mit einem Wort will ich die erste Forderung die Ausbildung im Unterrichtsverkehr mit den Schülern nennen; diese gehört an die Mittelschule, also in das Probejahr, denn nur hier sind die Schüler vorhanden, aus deren Verhalten und Lernerfolgen geschlossen werden kann, wieweit der Vortrag und die Demonstration ihrer Auffassung angemessen war und ob es der Lehrer versteht, nicht bloß seinen Versuch, der intensive Aufmerksamkeit verlangt, sondern auch die Schüler im Auge zu behalten.

Nur die Schule selbst bildet in dieser Hinsicht den Lehrer aus und wird ihm Zeit- und Kraftverbrauch ersparen, wenn er im Probejahr Nutzen von den Erfahrungen eines Schulmannes ziehen kann, der dem jüngeren Lehrer nicht so sehr Vorgesetzter als Freund sein will. Daß die Sammlungen der Schulen gerade diejenigen Apparate enthalten, welche im Unterricht benötigt sind, ist ein Vorzug, auf den die Hochschule nicht verzichten dürfte und der ihr ohne Aufwand zu großer Mittel sofort verschafft werden kann.

Was aber meines Erachtens völlig außerhalb der Aufgabe und der Leistungsfähigkeit der Mittelschule liegt, ist die Ausbildung des Lehrers im Fache, wie ich den zweiten Punkt mit einem Wort bezeichnen möchte. Die Ausbildung des Lehrers im Fach und in der Benutzung und Beurteilung von Apparaten gehört an die Hochschule; freilich müssen die Hochschulen dem allgemeinen Ruf nach einer Verbesserung der Ausbildung Folge geben. Sie sind dazu auch in der Lage, wie ich im folgenden ausführen werde:

1. Die Sammlungsfrage: Gemäß der historischen Entwicklung unseres Unterrichtes sind die Naturwissenschaften an den Mittelschulen Neulinge und eine wirkliche experimentelle Pflege derselben hat nur an den Hochschulen stattgefunden. Daher liegt zunächst die größere Erfahrung im naturwissenschaftlichen Unterricht bei den Hochschulen und äußert sich dort nicht nur in den weiter vererbten Lehrerfahrungen, sondern auch in den Sammlungen, deren historische Entwicklung ein ganzes Stück Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts enthält. Es haben sich nur leider, wie F. Klein in den „Problemen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Hochschulunterrichtes" bemerkte (l. c. S. 10) „die Universitäts-Seminarien, welche anfangs ausdrücklich für die Ausbildung geeigneter Lehrer gegründet waren, immer ausschließlicher in Stätten für die Heranbildung wissenschaftlicher Forscher verwandelt." Wenn man nicht dem Unterricht die Begeisterung des Lehrers für den Gegenstand rauben will, so darf man nicht die Sammlungen schablonisieren und womöglich alle Sammlungen gleichartig einrichten; wieviel gründlicher überlegt sich der Lehrer z. B. alle für die Anschaffung eines Galvanometers in Betracht kommenden Gesichtspunkte — Widerstand, Spiegelgröße, Empfindlichkeit, Zugänglichkeit der Konstruktion, Preis usw. — wenn

er nach eigener Wahl und auf eigene Verantwortung ein solches Instrument anschaffen darf, als wenn ihm ein bestimmtes Instrument zu kaufen „empfohlen“ wird. Die Sammlungen der Mittelschulen werden zu einseitig sein, als daß der Lehrer ein Urteil über Apparate gewinnt. Einen Apparat kennen, heißt eben einen Apparat beurteilen können und dafür ist der Vergleich verschiedener Apparate Vorbedingung. Besonders der Ausbildung künftiger Lehrer gewidmete Sammlungen können an den wenigen oder einigen wenigen Hochschulen mit geringem Kostenaufwand so reichhaltig bemessen werden, daß der künftige Lehrer hier verschiedene Konstruktionen, verschiedene Fabrikate und was das Wichtigste ist für den künftigen Verwalter einer, wenn auch bescheidenen Sammlung, die verschiedenen Preise beurteilen lernen kann. G. Schwalbe[1]) hat schon im Jahre 1895 die Errichtung von solchen „Schulmuseen“ als wünschenswert bezeichnet, welche alle Unterrichtsgegenstände berücksichtigen würden, welche für die weitere Entwicklung des Unterrichts an höheren Schulen erforderlich sind. Wie leicht läßt sich diese Forderung erfüllen, wenn z. B. an einigen Hochschulen, die als Teilaufgabe die Ausbildung der Lehramtskandidaten zugewiesen erhalten, eine Sammlung physikalischer Lehrmittel geschaffen wird! Diese können Zentralstellen bilden und würden nicht nur den künftigen Lehrern die Instrumente für die Übungen richtig auszuwählen erlauben, sondern würden auch älteren Lehrern als verpflichtete Auskunftsstelle dienen. Die von dem Staate dafür aufzuwendenden Mittel würden sich sicherlich lohnen, da dann den Lehrern bei einer Anschaffung von Apparaten Gelegenheit geboten wäre, in unverbindlichster Weise sich über verschiedene Konstruktionen und Fabrikate zu unterrichten und sachkundigsten Rat zu holen. Die Instrumentenindustrie würde daraus einen dauernden Ansporn zur besseren Ausführung ihrer Produkte erhalten.

Auch von den Studenten im Lehramtskandidatenpraktikum gefertigte, besonders gut gelungene Apparate könnten in dieser Sammlung aufgehoben und besser noch zur Verwendung den Anstalten überlassen werden.

An einer Mittelschule eine solche Sammlung anzulegen, ist sicher viel schwieriger und während an einer Hochschule die feineren Apparate ohnehin vorhanden sein müssen und so den Studierenden eine vollständige Kenntnis von Apparaten gegeben werden kann, wird eine Mittelschulsammlung stets nur die unmittelbar für den Unterricht nötigen Apparate enthalten. In einem Gebiet, welches wie die Physik in stetiger Entwicklung begriffen ist, muß eine Hochschule den Zentralpunkt für die Sammlung der Unterrichtsmittel bilden.

2. Ist ein näherer Zusammenhang zwischen Hochschule und Mittelschule nötig?

Der Hochschullehrer hat die Aufgabe und die Möglichkeit, die Fortschritte in seinem Fach näher kennen zu lernen und so wird er fortwährend Anregung dazu geben können, wie dieselben auf den Unterricht an Mittelschulen rückwirkend nützlich gemacht werden können. Denn die Physik ist keine tote Sprache, sie ist ein lebender Körper; es liegt daher im Interesse der Mittelschule, daß der Zusammenhang zwischen Hoch- und Mittelschule ein engerer wird. Die bessere Ausbildung der Lehramtskandidaten, die spezielle Rücksicht auf die Forderungen der Mittelschulen nimmt, wird wesentlich beitragen, den Zusammenhang nach beiden Seiten hin zu festigen. Die Erfüllung des Wunsches nach einer besseren praktischen Durchbildung schließt in sich einen engeren Verkehr der Lehramtskandidaten mit den Dozenten der Hochschule, um dessentwillen die Ferienkurse zu aller Zufriedenheit vor einigen Jahren eingeführt wurden. Der Lehrer der Mittelschule, von dem man völlige Hingabe an den Lehrberuf verlangt, hat nicht die Zeit, neuere Erscheinungen zu verfolgen, wie der Hochschullehrer, dessen Pflicht es ist, zu lehren und zu forschen.

Die Sammlung bildet eine wesentliche Basis für die Mithilfe der Hochschulen zur Ausbildung der Lehramtskandidaten. Im folgenden ist sie als gegeben betrachtet. Allein auch außer der Verbesserung der praktischen Unterweisung kann die Hochschule den künftigen Mittelschulkollegen in Vorlesungen manches geben, was sie jetzt im allgemeinen nicht gibt.

3. Die Antwort auf die Frage: Was lernt der künftige Physiklehrer jetzt auf der Universität kennen? ist bereits oben gegeben worden: er lernt die Gesetze und Erscheinungen der Physik im allgemeinen Kolleg vom Sehen kennen; er lernt ferner an fertig hingestellten Apparaten Messungen auszuführen, hat auch hie und da einen qualitativen Versuch zur Darstellung von Kraftlinien, mit einer gleichfalls vorbereiteten Anordnung anzustellen, ferner hat er die reichlichste Gelegenheit, theoretische Physik in vollem Umfange kennen zu lernen; bei uns in München z. B. wurden im Durchschnitt jedes Semester an Universität und Technischer Hochschule etwa 8 verschiedene theoretisch-physikalische Vorlesungen abgehalten, während nur 2 reguläre Experimentalvorlesungen stattfinden. Nur wer eine selbständige

1) Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften 1, 71—75, 1895.

physikalische Untersuchung durchführt, das kann aber nur ein geringer Prozentsatz schon aus äußeren Gründen, lernt auch in einem bestimmten Gebiet praktisch arbeiten.

4. Die Antwort auf die Frage: was muß der Lehrer für Mathematik und Physik für den Unterricht können? führt uns zur näheren Besprechung der Lücke, die der gegenwärtige Unterricht läßt. Kurz gesagt ist die Antwort: er muß „praktische Physik“ treiben können. Diese schließt ein, was er schon jetzt im allgemeinen Praktikum lernt, aber sie verlangt mehr:

a) Der Lehrer soll einen Apparat zerlegen und Fehler im Apparat suchen können. Daß Kommissäre oft von Apparaten hören, die „nicht gehen“, ist oft nicht dem Lehrer zum Vorwurf zu machen, sondern denen, die ihn vorbereiteten für seinen Beruf. Wie will jemand wagen, einen Apparat auseinanderzulegen, der jede Schraube, ja jede Lötstelle wie ein über seiner Kraft stehendes Kunstwerk betrachtet?

b) Er soll einen Apparat nach eigenem Überlegen zusammenstellen können, z. B. bei Versuchen über Diffusion, Leitung von Wärme, Pumpenversuchen usw., welche erfordern, daß Gefäße und Röhren miteinander verbunden werden. Die Voraussetzung dafür ist eine gewisse Handfertigkeit, die namentlich Werkzeug- und Materialkenntnis einschließt; zu wissen, daß für die Bearbeitung von Eisen und Glas, von Stahl und Messing, oder von Zink und Aluminium andere Werkzeuge nötig sind, ist notwendig und recht nützlich, wo wir heutigentags für billiges Geld die verschiedenartigsten Werkzeuge fertig beziehen und so Zeit sparen können. Das bekannte Wort, daß der Physiker mit der Feile sägen und mit der Säge feilen können soll, halte ich in unserer Zeit nicht mehr für richtig. Ein geringes Maß von Konstruktionskenntnis und von der Herstellung von Werkzeichnungen wird der Lehramtskandidat, der die theoretischen Grundlagen dafür reichlich besitzt, sich leicht aneignen können.

c) Soll er eine Versuchsanordnung aufbauen können, die einen physikalischen Vorgang demonstriert. Übersichtlich, geschmackvoll und kritisch aufbauen ist hier eine wichtige Forderung. Im Anschluß an diese Aufgabe bietet sich Gelegenheit für den Kandidaten, die Literatur zur Ausführung von Demonstrationsversuchen kennen zu lernen. Weinhold, Frick-Lehmann, Tyndall sind wohl vielen unserer vor der Anstellung stehenden Lehramtskandidaten gänzlich unbekannt.

d) Soll der Mittelschulkollege, namentlich wenn seine Tätigkeit einer kleineren Stadt gewidmet ist, ein gut Teil persönlichen Urteils in physikalischen Fragen haben, das sicher in den letzten Jahren ihm zugemutet wurde, als man in den Tageszeitungen von drahtloser Telegraphie, der Entdeckung aller möglichen Arten von Strahlen, die existieren oder existieren sollten, die Beschreibung der merkwürdigen Eigenschaften von Radium und seinen Abkömmlingen, las. Ich glaube, daß die Anleitung unserer Lehramtskandidaten zur Beschäftigung mit Originalarbeiten, wie z. B. von Galilei, Coulomb, Faraday, Magnus, Kundt, Hertz usw., vieles zur Erweiterung ihrer Kritik beitragen wird. Die Aufsätze von E. Mach zur Entwickelungsgeschichte der physikalischen Begriffe sollten keinem die Hochschule verlassenden Lehramtskandidaten unbekannt sein und doch bietet zurzeit selten eine Vorlesung Anlaß, auf sie einzugehen.

IV. Um unseren Lehramtskandidaten zur Erfüllung dieser Forderungen schon auf der Hochschule etwas mitzugeben, würde ich folgende Vorlesungen und Übungen für nützlich halten:[1])

1. Eine Vorlesung über die Entwicklung der physikalischen Begriffe (nach E. Mach), vierstündig während eines Semesters, die eine Überleitung zu rein theoretischen Vorlesungen bilden würde und von Experimenten begleitet sein soll. Ich selbst habe bereits im Wintersemester 1897 eine ähnliche Vorlesung „Entwicklung der physikalischen Grundbegriffe und Grundgesetze“ abgehalten, und wurde durch sie zu vielen Versuchen veranlaßt, die in meinem Büchlein „Neuere Versuche zur Mechanik der festen und flüssigen Körper“ (erschienen bei Teubner, 1902, 68 S.) enthalten sind.

2. Eine Vorlesung „Einleitung in die theoretische Physik“, in welcher gleichfalls noch Experimente vorgeführt werden, etwa in der Weise, wie sie E. Wiedemann in Erlangen veranlaßt hat (1 Semester vierstündig), oder andere zusammenfassende Spezialvorlesungen; ich habe z. B. einmal in einem Kolleg über „Schwingungen“ (dreistündig), alle Schwingungserscheinungen experimentell und mathematisch näher betrachtet, welche im gesamten Gebiet der Physik auftreten.

3. Handfertigkeitsübungen für Lehramtskandidaten der Physik (1 Semester vierstündig), die ähnlich angelegt wären wie die von W. Kaufmann und Börnstein abgehaltenen; mein im Sommersemester 1899 abgehaltenes Praktikum für Lehramtskandidaten, an dem sich 14 Herren beteiligen durften, hatte

1) Vergleiche hiermit den Aufsatz von B. Schwalbe „Über praktische Kurse zur Vorbildung und Weiterbildung der Lehrer der Naturwissenschaften.“ Ztschr. f. phys. u chem. Unterricht. **12**, 319—335, 1899, auf den ich beim Lesen der Korrektur von befreundeter Seite aufmerksam gemacht werde.

dasselbe Ziel gehabt; ich gab allen Herren Gelegenheit, sich mit einfachen Arbeiten am Glasblasetisch, mit Kitten, Löten, Glasbohren, Berußen usw. zu beschäftigen, und zwar in der Weise, daß bestimmte einfache Apparate, die für den Unterricht direkt verwendbar sein mußten, herzustellen waren. Für größere Apparate mußten Werkzeichnungsskizzen angefertigt werden. So z. B. wurden am Glasblasetisch kommunizierende Röhren geblasen, deren eine kapillar verengt war, Kapillartrichter wurden ausgezogen, für Versuche mit Diffusion wurden in Tonröhren mit Siegellack verkleidete Korke eingekittet und in diese Glasrohre eingesetzt, welche dann mit einem selbstgefertigten Manometer durch einen Schlauch zu verbinden waren; mit Hilfe eines Grove- oder Daniellelementes wurden auf Glasplatten die Kraftlinien dargestellt, welche zwei gleichsinnig oder ungleichsinnig durchflossene Parallelleiter geben. Die Durchführungsstellen der Drähte mußten die Praktikanten selbst bohren. Einige Herren bauten sich einen Boysschen Fallapparat, ein anderer baute sich ein verkürztes Manometer für Luftpumpenversuche, ein dritter ein Barometer, das ich jetzt noch besitze und benütze. Ein derartiges Praktikum ist wohl zurzeit das dringendste Bedürfnis und von Lehramtskandidaten lebhaft begehrt. Trotzdem wir unter erschwerenden Umständen arbeiteten, blieb der Eifer der Teilnehmer bis zum Ende gleich stark. In einem derartigen Kursus findet sich Gelegenheit zur Vermittelung von Werkzeug- und Materialkenntnissen; denn es wird von Zeit zu Zeit von dem Leiter des Praktikums ein kurzer Vortrag eingeschaltet werden müssen, der einiges über Werkzeuge und Materialien gibt.

4. Übungen im Aufbau eines Apparates aus gegebenen Elementen (1 Semester vierstündig). Hier sollten fertig zugerichtete Holzstücke, Klötze, Linsen, Schrauben usw. verwendet werden. Zusammenstellung eines Fernrohres (zu dem die Linsen aber nicht vorgegeben werden!), eines Mikroskops, eines Spektralapparates für objektive Darstellung, einfache Versuche zur Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers, Nachweis des Mariotteschen Gesetzes und ähnliches wären Aufgaben für diesen Teil. Ferner würde ich das Reinigen und eventuell die Verbesserung mangelhaft gewordener Apparate in diesem Kurse vornehmen lassen; für die Übergangszeit, in welcher wir gegenwärtig im physikalischen Unterricht stehen, würde nach mehr als einer Richtung hin Nutzen fließen, wenn die „nicht gehenden" Apparate von Mittelschulen für dieses Praktikum der Hochschule zur Instandsetzung überlassen würden; da an der Hochschule ein Mechaniker zur Verfügung stehen würde, so würde eine ziemlich große Garantie geboten sein, daß der Apparat in gutem Zustand an die Schule zurückkehrt, und schließlich würde das Unglück nicht gar zu groß sein, wenn der Apparat statt tot in der Sammlung zu stehen, unter der Hand des Praktikanten sogar noch etwas litte, aber so wenigstens dem Praktikanten nützte.

5. Demonstrationsübungen (1 Semester vierstündig), in der Art, wie sie Börnstein und Schreber befürworten, würden den Kandidaten Gelegenheit geben, fertige Apparate kennen zu lernen und beim Vortrag, der in größeren Zwischenräumen vor den Praktikumskollegen stattfände, Gelegenheit zur Kritik und Anlaß zu seminaristischen Besprechungen über Apparate und methodische Fragen bieten. Die Art der Durchführung, wie sie Börnstein pflegt, würde ich als die intensivere hier vorziehen. Für diese Vorträge würden sich gleichzeitig mehrere Kandidaten vorbereiten können, wenn dieselben verschiedenen Gebieten entnommen sind; die oben erwähnte Sammlung kann in diesem Falle zwar beschränkt bleiben, bildet aber eine Grundbedingung für die Übungen. Für höchst wünschenswert würde ich es halten, wenn zu diesen Übungen gelegentlich Kollegen von der Mittelschule sich einfinden würden. Ist der die Übungen leitende Dozent ein rühriger Mann, so wäre dies sicher der Fall, und so eine ununterbrochene Verbindung von Hochschule und Mittelschule ermöglicht. Ich würde es für richtig halten, in diesen Übungen von Zeit zu Zeit wertvolle Originalarbeiten, die reine Demonstrationsversuche behandeln, wie z. B. Faradays „Naturgeschichte einer Kerze" in allen Einzelheiten nachmachen zu lassen.

6. Seminar über neuere Forschungen, Anleitung zur Lektüre moderner Originalarbeiten (2 Semester je zweistündig). Während der drei Jahre zwischen der Absolvierung der „Allgemeinen Experimentalvorlesung und der Ablegung des Examens" muß dem Kandidaten Gelegenheit geboten sein, sich über laufende experimentelle und theoretische Arbeiten zu unterrichten; außerdem würde in diesem Seminar, soweit nicht wichtige neuere Forschungen vorliegen, die Möglichkeit geboten sein, klassische Arbeiten kennen zu lernen. Die Disposition dieser Übungen muß vollständig in den Händen des Leiters liegen, und die Kandidaten würden zu referieren haben, nachdem sie mit dem Leiter einmal oder mehrere Male gründlich über ihr Thema gesprochen haben.

7. Eine selbständige experimentelle Arbeit (2 Semester je 3 volle Tage) würde die Krone der Ausbildung künftiger Physiklehrer bilden, aber sie wird nur wenigen mög-

lich sein, weil bei starkem Zugang von Lehramtskandidaten die Institutsräume Schranken setzen und weil eine gedeihliche Leitung von selbständigen Arbeiten den Institutsvorstand erheblich in Anspruch nimmt. Einige wenige Studierende können bereits jetzt diese wesentliche Vorbereitung für das physikalische Lehramt sich zunutze machen, aber nach unseren mehrjährigen Erfahrungen ist bei dem gegenwärtigen Studiengange unserer Lehramtskandidaten weder der Nutzen für den jungen Kandidaten noch die Freude des Leiters der Arbeiten sehr groß; denn es zeigt sich, da die unter 3. und 4. genannten Übungen vorläufig fast überall fehlen, daß die Studenten auch im 7. Semester für eine selbständige Arbeit nur in Ausnahmefällen besonderer Begabung reif genug sind. Der große Wert, den die Durchführung einer selbständigen Arbeit für den künftigen Lehrer hat, liegt darin, daß eine kritische Beurteilung von experimentellen Versuchen nur jenem möglich ist, der selbst einmal eine gründliche messende Untersuchung durchgeführt hat; nur ein solcher wird den großen Wert und die Schwierigkeit exakter Messungen zu würdigen verstehen und ohne Übertreibung und ohne Schwäche die Grenzen unserer physikalischen Erfahrung und Erkenntnis richtig einschätzen.

V. Die Voraussetzung der Erfüllung der vorgeschlagenen Forderungen sind:

An Personen: willige Dozenten und liberale Institutsvorstände, soweit nicht besondere Professuren für die Sache der Lehramtskandidaten eingesetzt werden und diesen kleine von dem großen unabhängige Institute eingeräumt werden können, was ohne Zweifel das aus vielen Gründen beste wäre. Da die Hauptvorlesungen wohl stets, und meiner Überzeugung nach mit Nutzen von den Lehramtskandidaten besucht werden würden und die unter 7. genannte selbständige Arbeit im Hauptinstitute ausgeführt werden könnte, so brauchten weder Lehramtskandidat noch Ordinarius auf die gegenseitigen Beziehungen zu verzichten, welche jetzt bestehen. An Zeit würde dem Lehramtskandidaten nur in jedem Semester 4 Stunden mehr Beschäftigung mit Physik als bisher zugemutet.

Durchaus notwendig ist, daß für die Übungen ein mechanisch geschulter Diener zur Verfügung steht, während die Aufräumungsarbeit und die Ordnung der Arbeitsplätze, sowie die Reinigung der benutzten Apparate und Geschirre, Quecksilber usw. von den Kandidaten zu erledigen wäre. Im späteren Berufe müssen sie dies ja auch in fast allen Fällen besorgen!

An Geldaufwand würde die erstmalige Anlage der Sammlung etwa 10000 Mark erfordern; in den ersten Jahren würde ein Etat für Bestreitung der laufenden Ausgaben und Neuerwerbungen von etwa 1000 Mark hinreichen, es ist aber dabei nicht zu vergessen, daß manche von den Kandidaten gefertigten Apparate und Hilfsgegenstände sehr wohl für die Schulen direkt brauchbar wären und an diese unentgeltlich oder gegen Ersatz der Materialkosten abgegeben werden könnten. Die Lehramtspraktika würden so auch im schlichtesten Sinne des Wortes Stätten produktiver Arbeit darstellen! Der Hauptnutzen der Sammlung würde unter allen Umständen der sein, daß durch sie eine Zentralauskunftsstelle für Unterrichtsapparate geschaffen werden könnte, an welchen die Interessen von Hochschule und Mittelschule ineinander laufen.

An Räumen wären schätzungsweise nötig:

1 Sammlungsraum mit ungefähr 100 bis 150 qm;
1 mechanische Werkstätte mit 40 bis 60 qm;
1 Praktikumsraum, der zum Teil werkstattähnlich einzurichten ist, mit 120 bis 150 qm;
1 Hörsaal, der für die Vorlesungen des Dozenten und das Seminar dienen muß und wie ein Schulsaal auszustatten wäre mit 60 bis 80 qm;
1 Bibliothekzimmer für Unterrichtsliteratur mit 25 qm;
1 Zimmer für den Dozenten, das auch zu dessen eigenen Versuchen benutzbar sein muß, mit 25 bis 35 qm;
1 Dunkelkammer von länglicher Gestalt mit 15 qm Fläche; das wären zusammen ungefähr 500 qm Bodenfläche.

VI. Gegenüber dem großen Aufwand, der für die allgemeinen Praktika und Vorlesungen zurzeit gemacht wird und gegenüber den Kosten, welche die Spezialausbildung unserer Ingenieure, Chemiker, Architekten, Mediziner u. a. an Lehrkräften, Raum und Geld erfordert, scheinen mir die geschilderten Forderungen nicht sehr ins Gewicht zu fallen, namentlich, wenn man bedenkt, daß eine richtige praktische Vorbildung künftiger Physiklehrer die beste Gewähr dafür bietet, daß die für Mittelschulen nötigen jährlichen Ausgaben für den physikalischen Unterricht, für Laboratorien und Apparate zweckmäßig und ökonomisch angelegt werden.

An Universitäten könnte die Ergänzung der vorhandenen Übungen nach den genannten Vorschlägen leicht durchgeführt werden, soweit hier die Praktika vornehmlich den Interessen der Lehramtskandidaten dienen; an den technischen Hochschulen mit ihren ausgedehnten, den Ingenieuren gewidmeten physikalischen Übungsbetrieben würde es sich empfehlen — vergl. das kürzlich im selben Sinne sich äußernde Rundschreiben des Vereins Deutscher Ingenieure —, besondere Einrichtungen für die Ausbildung der Lehramtskandidaten zu schaffen;

denn die allgemeinen Praktika sind hier sehr stark besucht, und müssen den direkten Interessen der technische Ziele verfolgenden und immer mehr sich spezialisierenden Ingenieurkandidaten in erster Linie dienen; daß etwa die Lehramtskandidaten durch das rein äußerliche räumliche Zusammensein mit den Studierenden der Technik an technischen Kenntnissen gewinnen würden, habe ich in den vielen Jahren meiner Tätigkeit als Assistent unserer Hochschule nicht beobachtet.

Unsere Unterrichtsverwaltungen entschließen sich mehr und mehr, die vielbesprochenen Forderungen nach Schülerübungen zu erfüllen, welche die von der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzte Unterrichtskommission in ihrem dritten Grundsatz für den physikalischen Unterricht verlangt; möchten sie über der Erfüllung dieser Forderung nicht vergessen, daß auch die beste Methode nichts zu leisten vermag, wenn sie nicht in den Händen tüchtiger Lehrer sich zu voller Wirkung entfalten kann!

München, Technische Hochschule, im Februar 1907.

(Eingegangen 19. Februar 1907.)

BESPRECHUNGEN.

J. Mooser, Theoretische Kosmogonie des Sonnensystems. gr. 8. 83 S. St. Gallen, Fehrsche Buchhandlung. 1906. M. 4,—

Auf Grund des Gesetzes von der Erhaltung der Energie gibt der Verfasser eine neue verbesserte Auflage der Kant-Laplaceschen Nebularhypothese, wobei er mit Hilfe der Bode-Titiusschen Reihe einen weiteren, bisher noch nicht bekannten, Uranusmond entdeckt. Charakteristisch für das ganze Werk ist die Äußerung des Verfassers, die Störungen der Planetenbewegungen seien „so kompliziert und von Punkt zu Punkt ihrer Bahnen so veränderlich, daß es unmöglich ist, richtige Schlüsse auf die Größe der Massen (sc. der störenden Planeten) zu ziehen.“ E. Przybyllok.

(Eingegangen 5. September 1906.)

A. Müller, Elementare Theorie der Entstehung der Gezeiten. gr. 8. III u. 86 S. Mit 21 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. 2,40 M.

Der Verfasser hat sich zur Aufgabe gestellt, für die Entstehung der Gezeiten, die in manchen Lehrbüchern der Physik unklar gehalten ist, eine leicht verständliche physikalisch strengere Begründung zu geben. Er schließt sich hierbei dem Gedankengange G. H. Darwins eng an und baut ihn weiter aus. Ein großer Teil der Broschüre ist sehr polemisch gehalten und greift auf Gebiete über, auf welche diejenigen Leser, für die der Verfasser sein Buch bestimmt hat, doch nicht folgen können. Dies gilt besonders der Polemik gegen Mach, die kaum auf Zustimmung wird rechnen dürfen. Ein Anhang gibt eine kurze Anleitung für die Behandlung der Gezeiten auf höheren Lehranstalten. E. Przybyllok.

(Eingegangen 5. September 1906.)

O. Meißner, Die meteorologischen Elemente und ihre Beobachtung mit Ausblicken auf Witterungskunde und Klimalehre. Unterlagen für schulgemäße Behandlung sowie zum Selbststudium. 8. VI u. 94 S. Mit 33 Textabbildungen. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. 2,60 M.

Der Förderung des meteorologischen Unterrichtes auf den höheren Schulen soll das vorliegende Buch dienen. Vorkenntnisse will der Verfasser nicht voraussetzen, gelegentlich kommen jedoch Verstöße gegen dieses Prinzip vor; so gleich im Eingang, wenn bei Besprechung der Fixpunktsbestimmung des Thermometers der Hinweis darauf fehlt, daß es gerade die Konstanz der Temperatur bei den Vorgängen des Schmelzens und Siedens ist, die sie befähigt, die Fixpunkte zu liefern. Der Verfasser berücksichtigt vorzugsweise die praktische Seite der Meteorologie; Beschreibung der Instrumente und Anleitung zu ihrem Gebrauch nehmen viel Raum ein. Die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre hätten wohl eine etwas eingehendere Behandlung verdient. Am besten gelungen ist wohl der letzte Abschnitt, der sich mit dem Wetter und seiner Voraussagung beschäftigt. Für den Lehrer des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird etwas zu wenig Stoff geboten, dagegen wird das Buch in der Hand des Schülers recht gut geeignet sein, das Interesse an den Naturwissenschaften zu beleben. E. Przybyllok.

(Eingegangen 5. September 1906.)

C. de Waard jr., De uitvinding der Verrekijkers. Eene bijdrage tot de beschavingsgeschiedenis. 340 S. s'Gravenhage. De Nederl. Boek- en Steendrukkerij 1906.

Dieses Buch enthält eine rein historische Abhandlung über die Erfindung der Fernrohre.

Der Verfasser zeigt an der Hand reichlichen Urkundenmaterials, daß die eigentliche Erfindung durch die Benutzung von Brillen und Lupen in Italien und Holland wohl vorbereitet war und wahrscheinlich von mehreren gleichzeitig und unabhängig voneinander gemacht wurde. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß der Holländer Sach. Janssen aus Middelburg zuerst mit einem fertigen Instrument vor die Öffentlichkeit trat und daß Galilei erst auf die Kunde von der Existenzmöglichkeit eines Fernrohres hin ein solches konstruierte, das dann nach ihm benannt wurde.

Das sehr ausführlich geschriebene Buch enthält viele kulturgeschichtlich interessante Einzelheiten; physikalische Probleme zu behandeln, lag auch wohl nicht in der Absicht des Verfassers. W. Heuse.

(Eingegangen 14. Dezember 1906.)

E. Vogel, Taschenbuch der praktischen Photographie. Ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. Bearbeitet von Paul Hanneke. 15. und 16. Auflage. (51.—58. Tausend.) XI u. 326 S. Taschen-8. Mit 127 Abbildungen, 15 Tafeln und 24 Bildvorlagen. Berlin, Gustav Schmidt. 1906. M. 2,50

Das Vogelsche Taschenbuch erfreut sich seit Jahren in weitesten Kreisen so allgemeiner Beliebtheit, und seine Vorzüge sind so allgemein anerkannt, daß es überflüssig erscheint, hier nochmals auf sie einzugehen. Es möge indessen auf einige Abweichungen hingewiesen werden, welche die Neuauflage ihren Vorgängerinnen gegenüber aufweist. Die Abschnitte über Apparatenkunde haben eine Erweiterung erfahren, und ein kurzer Überblick über die Farbenphotographie ist neu hinzugekommen. Dagegen wird der Kollodiumprozeß nicht mehr behandelt, da er heutzutage nur noch in Reproduktionsanstalten zur Anwendung gelangt.

Max Iklé.

(Eingegangen 14. Dezember 1906.)

Technik und Schule. Beiträge zum gesamten Unterrichte an technischen Lehranstalten. In zwanglosen Heften herausgegeben v. M. Girndt. I. Band. 1. Heft. gr. 8. 64 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. M. 1.60

Aus den Artikeln dieses Hefts sei nur der von Himmel: „Ziel, Zweck und Methode des Naturlehre-Unterrichts an Baugewerkschulen" erwähnt, der auf den Physik- und Chemie-Unterricht Bezug hat. Auch hier regt sich die Einsicht, daß diese Fächer mehr als bisher Berücksichtigung verdienen, nicht nur wegen des praktischen Wertes für den Bautechniker, sondern weil sie vor allen andern Fächern dieser Schulen geeignet sind, Selbständigkeit des Denkens und Urteilsfähigkeit dem Schüler anzuerziehen. Als Methode des Unterrichts soll daher auch wie an den Erziehungsschulen die heuristische angewandt werden. Das erfordert aber mehr Zeit als zur Verfügung steht, deshalb wird eine größere Stundenzahl gewünscht.

Im übrigen ist im ganzen Heft bemerkenswert die überall auftretende Forderung: Weniger Drill und Schablone, mehr Verständnis und Selbsttätigkeit. H. Kochan.

(Eingegangen 4. Januar 1907.)

H. Jahne und H. Barbisch, Leitfaden der Geometrie und des geometrischen Zeichnens für Knabenbürgerschulen. gr. 8.

I. Stufe: 2. verbesserte Auflage. 64 S. mit 102 Textfiguren und 149 geometrischen Ornamenten. 76 h, geb. 96 h.

II. Stufe: 2. verbesserte Auflage. 63 S. mit 89 Textfiguren. 76 h, geb. 96 h.

III. Stufe: 2. verbesserte Auflage. 80 S. mit 93 Textfiguren und 1 Erklärungstafel für Bezirkspläne. 88 h, geb. 1 K 8 h.

Wien, Manzsche Hof- und Univers.-Buchh. 1906.

Das Buch enthält eine ungeheure Stoffmenge, die in kurzer Zeit (3 Jahren) verarbeitet werden soll. Dafür treten Beweise fast ganz zurück. Es ist mehr geometrischer Anschauungsunterricht. Größere Exaktheit auf Kosten des Stoffumfanges wäre mir lieber. Doch mag diese Beschaffenheit des Buchs mit dem Charakter der betreffenden Schule zusammenhängen. Dadurch würde das Buch für die Leser dieser Zeitschrift wenig Interesse bieten, wenn es nicht in den Einzelheiten vieles auch für das höhere Schulwesen Nachahmenswerte enthielte, in der Heranziehung anderer Gebiete, z. B. Physik, Mineralogie, Kunst, und in der vorwiegenden Verwendung von Aufgaben, die nicht ausgedacht sind, sondern wirklich Vorhandenes benutzen. (Berechnung von bestimmten Bauwerken, besonders Wienern.)

H. Kochan.

(Eingegangen 4. Januar 1907.)

Hofers Naturlehre für Bürgerschulen. In drei konzentrischen Lehrstufen. Neu bearbeitet von H. Barbisch. gr. 8.

I. Stufe. 21. umgearbeitete Auflage. IV u. 68 S. mit 109 Holzschnitten im Text. Gebunden 1 K.

II. Stufe: 18. umgearbeitete Auflage. IV u. 88 S. mit 143 zum Teil farbigen Figuren. Gebunden 1 K 30 h.

Wien, Manzsche Hof- und Univers.-Buchh. 1906.

In 2 konzentrischen Kreisen werden die Grundlehren von Physik und Chemie dargeboten. Zu den beschriebenen Versuchen sind nur die allereinfachsten Mittel nötig, sehr viele kann der Schüler ohne Schwierigkeit selbst anstellen. Die Erscheinungen des täglichen Lebens sind ausreichend benutzt. Die Stoffverteilung auf die 2 Stufen ist glücklich gewählt, indem der 2. die schon mehr quantitativen Versuche zugewiesen sind. Überhaupt ist der Eindruck des Buches günstig. H. Kochan.

(Eingegangen 4. Januar 1907.)

P. Henkler, Der Lehrplan für den Unterricht in Naturkunde. Historisch und kritisch betrachtet. (Sammlung naturwissenschaftlich-pädagogischer Abhandlungen. Band II, Heft 7.) gr. 8. IV u. 44 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. M. 1.—

Es handelt sich fast ausschließlich um Botanik und Zoologie. Eine Besprechung kommt also für diese Zeitschrift nicht in Frage.

H. Kochan.

(Eingegangen 4. Januar 1907.)

H. Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. Zum Gebrauche für Mediziner. 3. neubearbeitete Auflage. Lex.-8. VI u. 616 S. Jena, G. Fischer. 1906. M. 16.—, gebunden M. 17.50

Das in Medizinerkreisen wohlbekannte und viel benutzte Buch von Vierordt, Daten und Tabellen, liegt jetzt in der dritten Auflage vor. Der Umfang ist ca. 200 Seiten größer als in der zweiten Auflage. Von neu hinzugekommenen Abschnitten sind besonders zu erwähnen diejenigen über die Gefrierpunktserniedrigung normaler Körperflüssigkeiten und Sekrete, auch sonst sind zahlreiche Zusätze eingefügt, z. B. bezüglich des Wärmewertes der Nahrungsmittel.

Es hätte nach Ansicht des Referenten ziemlich nahe gelegen, ein Buch wie dieses einzuleiten mit einigen allgemeinen Betrachtungen über Zahl-, Maß- und Gewichts-Bestimmungen und über die richtige Bildung von Durchschnittswerten. Das ist nicht geschehen, und dies scheint kaum ganz zufällig zu sein. Jedenfalls sind auf mehreren Stellen, wo der Referent die Zahlen genauer durchgesehen hat (z. B. bei den Gehirngewichten), recht wertlose Durchschnittszahlen mitgenommen, und diese Durchschnittszahlen werden noch zur Berechnung eines Gesamtmittels verwertet. Die einfache zahltechnische Forderung, daß bei einer Durchschnittszahl immer angeführt werden sollte, wie viele einzelne Beobachtungen ihr zugrunde liegen, ist auf keine Weise erfüllt. Nur wo diese Forderung befriedigt ist, kann der Leser sich eine Vorstellung über die Genauigkeit der angeführten Mittelwerte bilden. Es war die Erfüllung dieser Bedingung um so mehr zu erwarten, als in der Vorrede ausdrücklich betont ist, daß es die Absicht des Verfassers war, „die brauchbar erscheinenden Zahlenwerte auch für die höheren Ansprüche des wissenschaftlich Arbeitenden zusammenzustellen".

P. Heiberg.

(Eingegangen 12. Januar 1907.)

C. Heinel, Vereinfachte Behandlung thermodynamischer Aufgaben des praktischen Maschinenbaues vermittelst Schaulinien. gr. 4. XX u. 43 S. mit 49 Figuren im Text und 4 Tafeln. Weimar, C. Steinert. 1906. M. 2.80

Der Verfasser hat unter Verzicht auf die übliche Darstellungsweise der Thermodynamik eine besondere Art der Problembehandlung für das im Titel genannte, engbegrenzte Gebiet zu finden versucht. Daß dazu ein dringendes Bedürfnis vorlag, wird auf den ersten Seiten des Buches „nachgewiesen". — Wenn der Verfasser sich darauf beschränkt hätte, seine Veröffentlichung mit den geringeren Vorkenntnissen seiner Leser zu begründen, so hätte man das gelten lassen können, — wennschon zu sagen ist, daß die gewählte Darstellungsweise viel zu umständlich ist in Anbetracht des erstrebten, kleinen Spezialzweckes. Nun hat der Verfasser aber auch die Thermodynamik bei seinen Lesern so heruntergesetzt, daß das Buch als Lehrmittel direkt schädlich wirken muß. Man höre: „Der Entropiesatz ist überhaupt(!) nicht vollkommen wissenschaftlich, sobald es sich um Aggregatzustandsänderungen handelt." — Aus den „enormen Lücken", „geradezu kläglichen Resultaten, vernichtenden Ergebnissen" der Versuche wird geschlossen: „Aus so lückenhaftem Erfahrungsmaterial kann sich natürlich auch keine lückenlose Theorie entwickeln." — Der Gewinn aus dem Buche für den praktischen Maschinenbauer ist zu gering im Vergleiche zu der Umständlichkeit der Darstellungsweise. Das Buch ist für die Theorie zu untheoretisch, für die Praxis zu unpraktisch. H. Hort.

(Eingegangen 17. Januar 1907.)

Friedr. Dessauer und Paul C. Franze. Die Physik im Dienste der Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Strahlungen. (Sammlung Kesel, Band 9.) 16. VIII u. 141 S. Kempten. Jos. Kösel. 1906. M. 1.—

Im ersten Teile dieses Büchleins werden von fachkundiger Seite die physikalischen

Grundlagen der physikalischen Medizin dargelegt; im zweiten Teile behandelt ein Arzt die Anwendung physikalischer Vorgänge für diagnostische und therapeutische Zwecke. Die Absicht der Autoren, in weiteren Kreisen über die Grundlagen und Ziele der physikalischen Medizin aufklärend zu wirken, und das vielfach gegen diesen verhältnismäßig jungen Zweig der medizinischen Wissenschaft gehegte Zutrauen zu zerstören, dürfte durch dieses Büchelchen wohl erreicht werden. Max Iklé.

(Eingegangen 26. Januar 1907.)

Werner von Siemens, Die elektrische Telegraphie. Zweite erweiterte Auflage herausgegeben von L. Graetz. 8. VII u. 75 S. Berlin, Konrad W. Mecklenburg, vormals Richterscher Verlag. 1906. M. 1.20, geb. M. 1.50

Mit der Neuherausgabe der aus dem Jahre 1866 stammenden Abhandlung von Werner Siemens über die elektrische Telegraphie hat sich Herr Graetz ein Verdienst erworben. Herr Graetz hat sich aber nicht damit zufrieden gegeben, einen Neudruck des Originals zu veranlassen, er hat vielmehr die Entwickelung der telegraphischen Technik während der inzwischen verflossenen vier Jahrzehnte mit berücksichtigt und so ein Buch geschaffen, das geeignet sein dürfte, weiteste Kreise über die Grundlagen, die Betriebsweisen und die Ziele der Telegraphie zu unterrichten. Das Buch ist fesselnd geschrieben, und der Preis ist in Anbetracht der glänzenden Ausstattung, die ihm die Verlagsanstalt hat zuteil werden lassen, keineswegs hoch. Wir dürfen daher erwarten, diese Schrift bald in der Bibliothek jedes Gebildeten zu finden. Max Iklé.

(Eingegangen 26. Januar 1907.)

F. Pockels, Lehrbuch der Kristalloptik. (B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften. XIX. Band.) gr. 8. X u. 520 S. mit 168 Textfiguren u. 6 Doppeltafeln. Leipzig, B. G. Teubner. 1905. In Leinen gebunden M. 16.—

Mit Recht hebt der Verfasser dieses Buches im Vorwort hervor, daß, während an Lehrbüchern der Kristalloptik für die Bedürfnisse des Mineralogen kein Mangel ist, es an einem ausführlichen Werke fehle, das für den physikalischen Standpunkt ausreichend und geeignet wäre. Diesem Mangel soll das vorliegende Werk abhelfen. Wir haben es hier mit einem sehr sorgfältig gearbeiteten und durchaus selbständigen Buche zu tun. Es enthält in 4 Abschnitten die Theorie vollkommen durchsichtiger Kristalle mit und ohne Drehungsvermögen, den Durchgang des Lichtes durch absorbierende Kristalle, und endlich die Änderung der optischen Eigenschaften durch äußere Einflüsse, ein Kapitel, an dem der Verfasser in hervorragender Weise selbst beteiligt war. Ein ungeheures Material ist hier mit durchweg glücklicher Hand verarbeitet. Leider ist es nicht möglich, im Rahmen einer kurzen Anzeige auch nur andeutungsweise den reichhaltigen Inhalt des Buches anzugeben. Aber wohl niemand, der das Buch um Rat fragt, wird dasselbe vergebens interpellieren. Das Verständnis wird erleichtert durch 24 Figuren auf 6 Doppeltafeln, die das Schönste an Reproduktionen sind, das ich jemals gesehen habe. Einer weiteren Empfehlung des trefflichen Werkes bedarf es nicht. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 27. Januar 1907.)

Victor Fischer, Grundbegriffe und Grundgleichungen der mathematischen Naturwissenschaft. gr. 8. VIII u. 108 S. mit 12 Figuren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. M. 4.50

Der Referent kann sich bei Besprechung dieses Buches kurz fassen: Er hat weder verstanden, was der Verfasser sagt, noch ergründet, was das Buch will. Für die Leser dieser Zeitschrift mag es genügen, folgenden Satz anzuführen: „Der Beweis für die Allgemeingültigkeit des Prinzips von der Erhaltung der Kraft ist durch das Prinzip:

$$\text{Wirkung} \rightleftarrows \text{Gegenwirkung}$$

gegeben, das sich auch auf bewegte Körper erstreckt (D'Alembertsches Prinzip)."

Daß der Verfasser mit der Begriffsbildung der Mathematik und Physik meistens nicht einverstanden ist, wird darnach nicht wundernehmen. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 27. Januar 1907.)

The Proceedings of the optical convention. No. 1. London, 1905.

Das unter diesem Titel erschienene Werk enthält die Verhandlungen einer soeben begründeten Gesellschaft für Optik, und enthält eine große Anzahl (31) von Abhandlungen technisch-wissenschaftlichen Inhaltes, von denen ich einige hervorhebe: F. Twoyman über das Michelsonsche Stufengitter und das Lummersche Interferenzspektroskop; Lord Rayleigh über Polieren von Glasoberflächen; Schuster über die Optik des Spektroskops; Gordon über Beugung in optischen Instrumenten; Bull über die Grundlagen der Dreifarbenphotographie.

Diese Auslese möge genügen, um das rege Interesse der englischen Gelehrten und Praktiker an der Weiterentwickelung der heimischen optischen Industrie zu zeigen. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 27. Januar 1907.)

M. Planck, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. gr. 8. VIII u. 222 S. mit 6 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. M. 7.—, in Leinen gebunden M. 7.80

Das vorliegende Werk, entstanden aus Vorlesungen des Verfassers an der Berliner Universität, ist zweifellos eine der bedeutendsten und beachtenswertesten Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Wärmestrahlung überhaupt. Der Inhalt zeigt so recht, wie rapide der Fortschritt auf diesem Gebiete in den letzten Jahren gewesen ist. Planck war zweifellos der berufene Mann, um ein Lehrbuch über die Theorie der Wärmestrahlung zu schreiben, da er an der Entwickelung derselben einen hervorragenden Anteil genommen hat. Demgemäß wird der Kundige in diesem Buche leicht den Inhalt der einzelnen Planckschen Abhandlungen wiedererkennen. Nur ist die ganze Darstellung, wie bei einem Lehrbuch natürlich, eine streng systematische und vom Charakter des Zufälligen befreite. Deshalb ist das Buch auch für den Lernenden im höchsten Maße geeignet. Der Inhalt gliedert sich in 5 Abschnitte, von denen der erste die „Grundtatsachen" und „Definitionen", die Ableitung des Kirchhoffschen Gesetzes und die Definition der schwarzen Strahlung enthält. Der zweite Abschnitt bringt dann den Maxwellschen Strahlungsdruck, das Stefan-Boltzmannsche Gesetz und das sogenannte Verschiebungsgesetz von W. Wien. Der dritte Abschnitt bringt die für das Folgende notwendige Untersuchung über Emission und Absorption elektrischer Wellen durch einen linearen Resonator. Den Höhepunkt des Buches bilden die beiden letzten Abschnitte mit der Einführung der Hypothese der natürlichen Strahlung und der Ableitung des Energieverteilungsgesetzes, sowie der Beziehungen des letzteren zum Elementarquantum der Elektrizität.

So bietet das Ganze ein ungemein durchsichtiges Bild des augenblicklichen Standes der Theorie der Wärmestrahlung, das in seiner Gesamtheit wohl geeignet ist, die Plancksche Hypothese der natürlichen Strahlung zu einer sehr wahrscheinlichen zu machen. Besonders hervorheben möchte ich noch die knappe, klare Redaktion des Textes, die lebhaft an Kirchhoffs Abhandlungen erinnert. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 27. Januar 1907.)

Tagesereignisse.

Die diesjährige (79.) Tagung der **Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte** findet in Dresden vom 15. bis zum 21. September statt.

Für die Sitzungen der wissenschaftlichen Abteilungen sind folgende Tage: Montag, 16. Sept., nachmittags, Dienstag, 17. und Mittwoch, 18. September, vor- und nachmittags in Aussicht genommen.

Die Gesamtsitzung der beiden wissenschaftlichen Hauptgruppen wird am Donnerstag, 19. September, vormittags abgehalten werden; die Sitzungen der naturwissenschaftlichen und der medizinischen Hauptgruppe sind für den Nachmittag desselben Tages geplant.

Die beiden allgemeinen Sitzungen werden am Montag, 16. und Freitag, 20. September stattfinden.

Die Geschäftsführer verbinden mit der Einladung zu dieser Versammlung die Mitteilung, daß ein ausführliches Programm derselben gegen Ende Juni auf Wunsch von der Geschäftsstelle der Naturforscherversammlung, Dresden, Lindenaustraße 30 I, versandt werden wird.

Wie üblich, soll auch mit der 79. Versammlung eine Ausstellung naturwissenschaftlicher und medizinisch-chirurgischer Gegenstände sowie chemisch-pharmazeutischer Präparate und naturwissenschaftlicher Lehrmittel verbunden werden. Von der Stadt Dresden sind zu dieser Ausstellung die Räume des Ausstellungspalastes, woselbst auch die Hauptversammlungen abgehalten werden, überlassen worden. Die Ausstellung wird vom 15. bis mit 22. September 1907 täglich von 9 Uhr vormittags bis zum Eintritt der Dunkelheit geöffnet sein. Es sollen tunlichst Neuheiten aus den letzten Jahren vorgeführt werden. Aus der Zahl der schon eingelaufenen Anmeldungen erster Firmen ist auf eine besonders rege Teilnahme der in Betracht kommenden industriellen Kreise zu hoffen. Anfragen wegen Beschickung der Ausstellung sind an den 2. Vorsitzenden des Ausstellungsausschusses, Herrn Medizinalrat Professor Dr. Kunz-Krause, Dresden, Cirkusstraße 40 zu richten, der auf Wunsch die näheren Ausstellungsbestimmungen übersendet.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. H. Hausrath für Elektrotechnik.

Ernannt: Der Professor der Mathematik an der Landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf Dr. Philipp Furtwängler zum ord. Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule zu Aachen, der Professor der Experimentalphysik an der Hochschule in Stockholm Dr. Wilhelm Bjerknes zum Professor der Mechanik und mathematischen Physik an der Universität Christiana.

Berufen: Der o. Professor der Physik an der Universität Kiel Dr. Philipp Lenard zum ord. Professor der Physik und Direktor des physikalischen Instituts der Universität Heidelberg, der a. o. Professor an der Technischen Hochschule in Braunschweig Dr. Karl Wieghardt als Professor für höhere Mathematik und Mechanik an die Technische Hochschule in Hannover.

Verliehen: Dem Privatdozenten der Chemie an der Universität Münster Dr. Aloys Bömer der Titel eines a. o. Professors.

Gestorben: Der Professor der Elektrotechnik an der Ecole municipale de physique et de chimie industrielles in Paris, Eduard Hospitalier; der Professor für Vermessungswesen am Polytechnikum in Zürich Dr. J. Rebstein, der Professor der organischen Chemie am Collège de France in Paris Dr Marcellin Berthelot.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Emil Bose in Oliva bei Danzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.